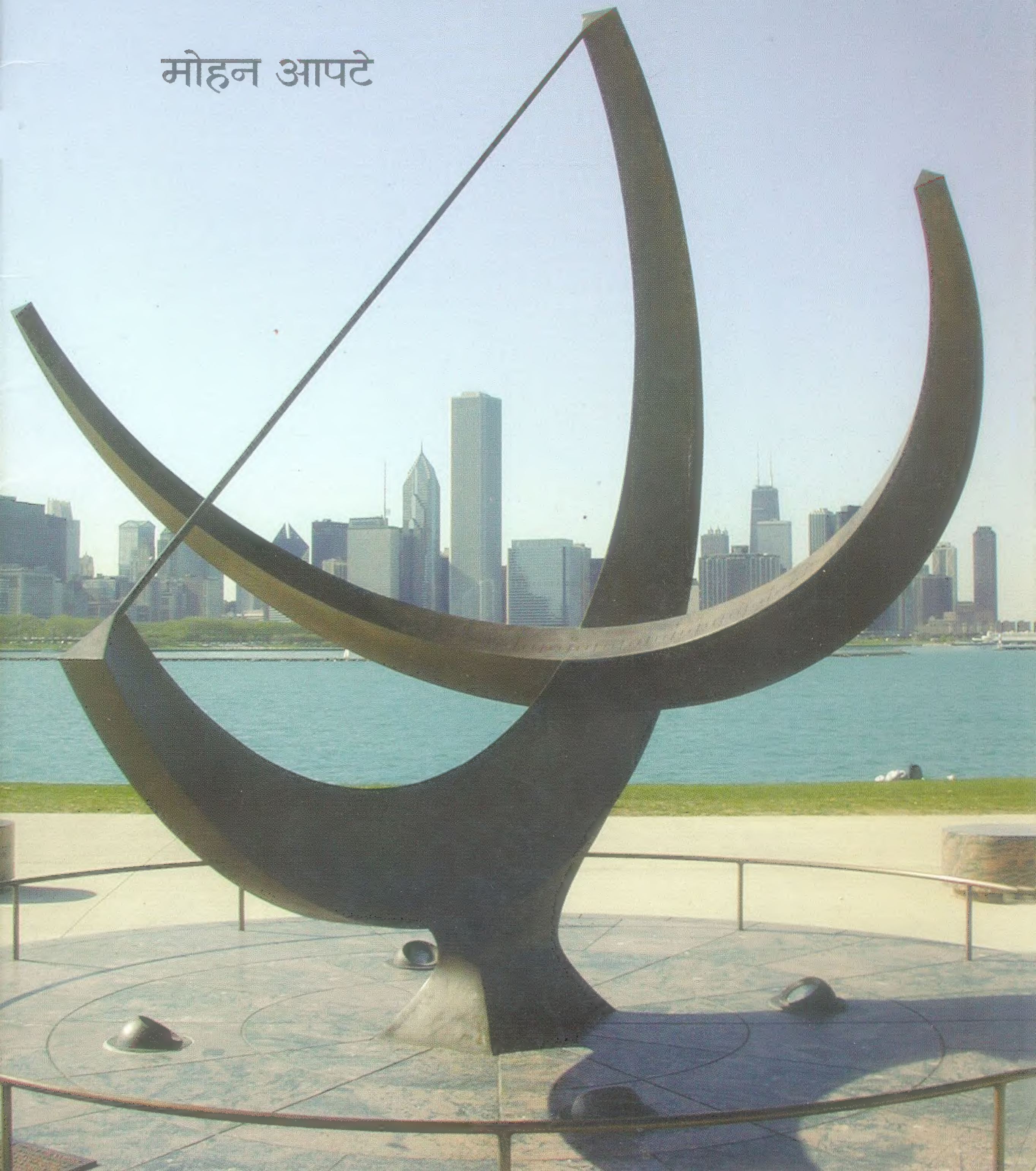
हा खेळ सावल्यांचा!

मोहन आपटे



हा खेळ सावल्यांचा !

मोहन आपटे



■ **Ha khel savalyancha**
Mohan Apte



■ **प्रकाशक**
मंगेश र. वाडेकर
अभिषेक टाईपसेटर्स अॅण्ड पब्लिशर्स
द. बा. साठे हौ. सो.,
१२४३, सदाशिव पेठ,
खुन्या मुरलीधराजवळ,
पुणे - ४११०३०.
फोन : ०२०-२४४७१०६१
E-mail: abhishekpublishers@yahoo.co.in

■ **प्रथमावृत्ती**
डिसेंबर २०१०

■ **मुखपृष्ठ**
अश्वमेध सर्विसेस
पुणे ३०

■ **अक्षरजुळणी**
सौ. प्राची देशमुख
विले पार्ले (पू)
मुंबई ५७

■ **मुद्रक**
अनमोल मुद्रणालय
१२१३ कसबा पेठ,
पुणे ४

प्रस्तावना

एकदा का आपण घराच्या बाहेर पडून चालायला प्रारंभ केला आणि अकाशात सूर्यनारायण हजर असतील तर आपली सावली हीच आपली सतत साथ करते. किंबहुना आपल्या सावलीवरून साधारण किती वाजले याचा आपण अंदाज करू शकतो. फार फार वर्षांपूर्वी सावली हाच कालमापनाचा प्रमुख आधार होता. साध्या सावलीवरून सूर्याच्या वर्षभरातील हालचालीचा अचुक पत्ता लागतो. म्हणूनच देशोदेशींच्या प्राचीन संस्कृतींनी सावलीच्या घड्याळांची जागोजागी प्रस्थापना केली.

जगातील सर्वात मोठे सावलीचे घड्याळ भारतातच जयपूर येथे आहे. सम्राट यंत्र या नावाने ते सुप्रसिध्द आहे. सवाई जयसिंह-२ याने १७२६ ते १७३२ या काळात जयपूर, मथुरा, उज्जैनी, दिल्ली आणि वाराणासी या ठिकाणी वेधशाळा बांधल्या. त्यातील मथुरेची वेधशाळा उध्वस्त करण्यात आली. चार शिल्लक असलेल्या वेधशाळा जंतरमंतर या नावाने ओळखल्या जातात. 'यंत्र मंदिर' या शब्दाचे ते भ्रष्ट रुपांतर आहे. जंतरमंतर मधील सर्व यंत्रांची रचना सवाई जयसिंहाने सावलीच्या आधारानेच केली आहे.

अत्यंत अचुक अत्याधुनिक घड्याळे हाताच्या मनगटांवर विराजमान झाल्यामुळे सावलीची घड्याळे कालबाह्य झाली. परंतू आधुनिक घड्याळे केवळ वेळ सांगू शकतात. सावलीच्या घड्याळाद्वारे निसर्गचक्राची माहिति होतेच शिवाय कालमापना संबंधीच्या अनेक मूलभूत संकल्पना स्पष्ट होतात. सावलीचे घड्याळ उभारायचे म्हणजे प्रथम भौगोलिक दक्षिणोत्तर दिशा शोधावी लागते. त्यावरून वास्तव पूर्व - पश्चिम दिशांचेही ज्ञान होते. सावलीच्या घड्याळाने दर्शविलेली वेळ आपल्या हातातील घड्याळाशी जुळत नाही ही गोष्ट लक्षात आल्यावर वैषुविक वृत्तावर समान वेगाने भ्रमण करणाऱ्या सूर्याच्या आधाराने मनगटी घड्याळातील काळ निश्चित केला जातो हे समजते. प्रमाण वेळ, कालसूत्र, जागतिक वेळ, पृथ्वीची गती या गोष्टींचीही माहिती होते. सावलीचे घड्याळ नेहमी स्थनिक वेळ दर्शविते, ही वेळ सर्वत्र समान असत नाही याचाही उलगडा होतो. अशा घड्याळाच्या साह्याने सूर्याच्या उत्तरायण व दक्षिणायन मार्गाचा खुलासा होतो. आकाशात वैषुविक वृत्त कुठे आहे याचाही अंदाज सावलीच्या घड्याळाने करता येतो. अशा या बहुगुणी घड्याळाचा अभ्यास कुणालाही निसर्गचक्राचे मुलभूत ज्ञान करून देईल.

एकाच विषयाचा विचार मानवी बुध्दिमत्ता किती वेगवेगळ्या प्रकारे करू शकते याचे उत्तम उदाहरण आहे, विविध प्रकारची सावलीची घड्याळे. पाश्चात्य देशात बागांमध्ये, इमारतींवर, तारांगणे आणि वस्तुसंग्रहालये यांच्या बाहेर सावलीची घड्याळे हमखास आढळतात. आपल्या देशात मात्र सवाई जयसिंहाची जंतर मंतर सोडल्यास सावलीची घड्याळे दुर्मिळ आहेत.

प्रस्तुत पुस्तकात सावलीचे काही सोपे प्रयोग आणि छाया घड्याळांचे काही आराखडे दिले आहेत. हाताशी कॅलक्यूलेटर असेल तर तुमच्या स्थानासाठी छाया घड्याळातील होरा रेषांचे गणित सहज करता येईल. थोडे त्रिकोणमितीचे ज्ञान मात्र अवश्यक आहे. सावलीचे घड्याळ करण्यापूर्वी नियोजित स्थानाची दक्षिणोत्तर दिशा आणि अक्षांश माहिति करून घ्या. रेखांश आणि कालसूत्राचा आलेखही माहिति असणे अगत्याचे आहे. सावलीशी खेळताना ज्ञानाबरोबर तुम्हाला मानसिक आनंदही मिळेल.

इतिअलम्

मोहन आपटे

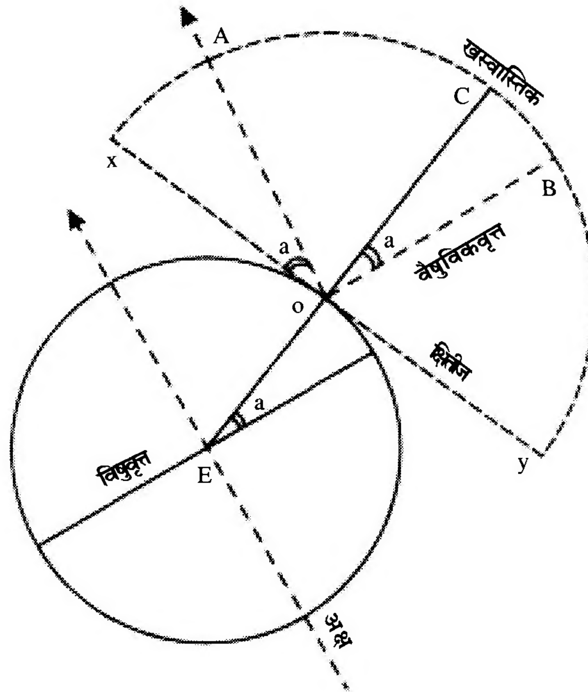
अनुक्रमणिका

□ □ □

१. तुम्हाला दिसणारे आकाश

आकाशाचा घुमट खरं म्हणजे सर्व ठिकाणांहून सारखाच दिसतो. परंतू प्रत्यक्षात रात्री दिसणारं आकाश मात्र सर्व ठिकाणांहून सारखं दिसत नाही. ध्रुव ताऱ्याचंच उदाहरण द्यायचं झालं तर, विषुववृत्तावरून पहाताना तो क्षितिजावर दिसतो, मुंबईहून पहाताना ध्रुव तारा क्षितिजावर सुमारे १९ अंशावर दिसेल, तर लंडनहून तो क्षितिजावर सुमारे ५२ अंशावर पहायला मिळेल. जे तारे मुंबईहून दिसतील ते लंडनहून दिसतीलच असे नाही. हे असं कां होतं? याचं उत्तर आहे तुम्हाला दिसणारं आकाशाचं दृश्य तुमच्या अक्षांशावर अवलंबून आहे. सोबतच्या आकृतीत तुमच्या गावावरुन दिसणारं आकाश एका अर्धवर्तुळाने दर्शविले आहे. 'a' हा कोन तुमच्या गावचं अक्षांश आहे, 'O'हा बिंदू तुमच्या गावाची पृथ्वीवरील स्थिती दर्शवितो. 'O' ह्या बिंदूमधून पृथ्वीच्या पृष्ठभागाला काढलेली 'xy' ही स्पर्श रेषा तुमच्या गावाचं क्षितीज दर्शविते. 'E' हे पृथ्वीचे केंद्र आहे. 'EO' ही रेषा आकाशात 'C' पर्यंत वाढविलीत की तुम्हाला तुमच्या गावचं खस्वास्तिक किंवा झेनिथ मिळेल.हा बरोबर आपल्या डोक्यावर असणारा आकाशातील शिरोबिंदू आहे.

'O' ह्या तुमच्या स्थानावरून पृथ्वीच्या अक्षाला समांतर काढलेली 'OA' ही रेषा तुम्हाला आकाशातील ध्रुव ताऱ्याकडे घेऊन जाईल. ही रेषा तुमच्या क्षितीज रेषेशी बरोबर तुमच्या गावच्या अक्षांशा एवढाच कोन करील.म्हणूनच तुमच्या गावाहून आकाशातील ध्रुव तारा, तुमच्या गावच्या अक्षांशा इतकाच क्षितीजाच्या वर दिसेल.'O' ह्या बिंदूमधून 'OB' ही पृथ्वीच्या विषुववृत्ताला काढलेली समांतर रेषा आकाशातील वैषुविक वृत्ताचं स्थान दर्शवील. खस्वास्तिक आणि वैषुविक वृत्त निदर्शक रेषांमधील कोन तुमच्या गावच्या अक्षांशा एवढाच असेल.



ताऱ्याच्या किंवा ग्रहाच्या वैषुविक वृत्तापासून असणाऱ्या कोनात्मक अंतराला क्रांती असे म्हणतात. तारा वैषुविक वृत्ताच्या उत्तरेला असेल तर क्रांती उत्तर असते व दक्षिणेला असेल तर क्रांती दक्षिण असते. उत्तर आकाशात ९० अंश क्रांतीपर्यंतचे सर्व तारे तुम्हाला दिसतील परंतू दक्षिण आकाशात (९०- अक्षांश) क्रांती असणारे तारे तुम्हाला दिसणार नाहीत. उदाहरणार्थ मुंबईहून ९०-१९=७१ अंश दक्षिण क्रांतीच्या पलिकडचे तारे दिसणार नाहीत. लंडनहून ९०-५२=३८ अंश दक्षिण क्रांतीच्या पलिकडचे तारे दिसणार नाहीत. अगस्ती ह्या ताऱ्याची क्रांती ५३ अंश दक्षिण आहे. त्यामुळे हा तारा मुंबईहून दिसेल पण लंडनहून दिसणार नाही. (९०- अक्षांश) दक्षिण क्रांती असणारे तारे आपल्या गावच्या क्षितीजाखाली जातात त्यामुळे ते आपल्याला दिसत नाहीत. पृथ्वीवरील सर्व ठिकाणाहून सारखेच आकाश दिसत नाही त्याचे हेच प्रमुख कारण आहे.

आपल्या पहिल्या आकृतीत आकाशाचा घुमट तिरका दिसतो तो आपल्या अक्षांशामुळे. प्रत्यक्षात आकाशाचा घुमट आपल्या बरोबर वर दिसतो, कारण तो आपण आपल्या क्षितीजाच्या संदर्भात पहात असतो. अर्थात आपल्याला क्षितीजाच्या संदर्भात आकाशाची आकृती काढावी लागेल. तशी आकृती सोबत दाखविली आहे. आपण आकाश म्हणून दर्शविलेले वर्तुळ, वैषुविकवृत्त, खस्वास्तिक आणि उत्तर ध्रुव ह्या बिंदूंमधून जाते व दोन बिंदूमध्ये क्षितिजाला स्पर्श करते.ह्या विशिष्ट वर्तुळाला याम्योत्तर वृत्त असे नाव आहे. इंग्रजीत त्यासाठी मिरेडियन असा शब्द वापरतात. याम्योत्तर वृत्त उत्तर ध्रुव बिंदू खालील 'N' ह्या क्षितीजाच्या ज्या बिंदूला स्पर्श करते, तो क्षितीजावरील उत्तर दिशेचा बिंदू आहे. त्याच्या समोर असलेला याम्योत्तर रेषेचा हा स्पर्श 'S' बिंदू दक्षिण बिंदू आहे. 'NOA' हा कोन तुमच्या गावचे अक्षांश आहेत.

आपल्या सभोवार पसरलेले क्षितीज आपल्याला वर्तुळाकृती भासते तसेच वैषुविक वृत्ताच्या अर्धवर्तुळाची आपण कल्पना करू शकतो. तशा पध्दतीने काढलेली क्षितीज आणि आकाश यांची आकृती सोबत दिल्याप्रमाणे दिसेल. ह्या आकृतीत उत्तर, पूर्व,दक्षिण आणि पश्चिम हे बिंदू क्षितीज दर्शवितात. तसेच पूर्व आणि पश्चिम बिंदूमधून जाणारे व 'OA' ह्या ध्रूव दर्शक रेषेला काटकोनात असणारे अर्धवर्तुळ वैषुविक वृत्त दर्शविते.

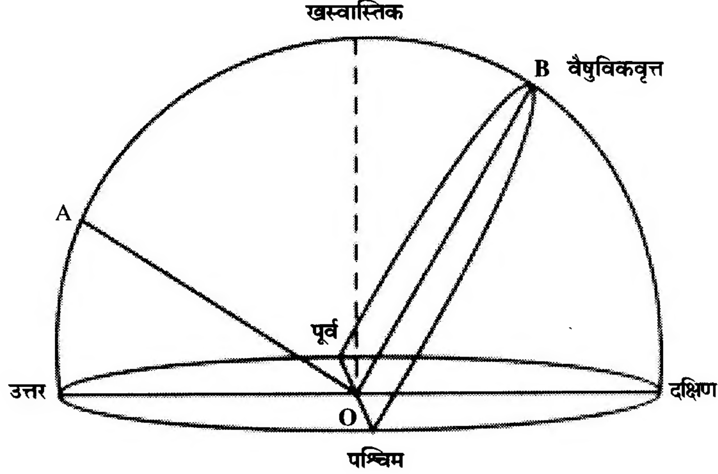
सूर्य पूर्वेला उगवून ज्यावेळी बरोबर याम्योत्तर वृत्तावर येईल त्यावेळीच तुमच्या गावात दुपारचे १२ वाजतील. २१ मार्च व २२ सप्टेंबर ह्या दोन दिवशी सूर्य याम्योत्तर वृत्तावर आला की किरण 'BO' ह्या दिशेत तुमच्याकडे येतील.

आपण उत्तर गोलार्धात रहात असल्यामुळे ज्या दिवशी सूर्याची उत्तरक्रांती बरोबर तुमच्या गावच्या

खस्वास्तिक
C
B
याम्योत्तरवृत्त
उत्तरध्रुव
A
a
वैषुविकवृत्त
उत्तर N
a
S दक्षिण
O

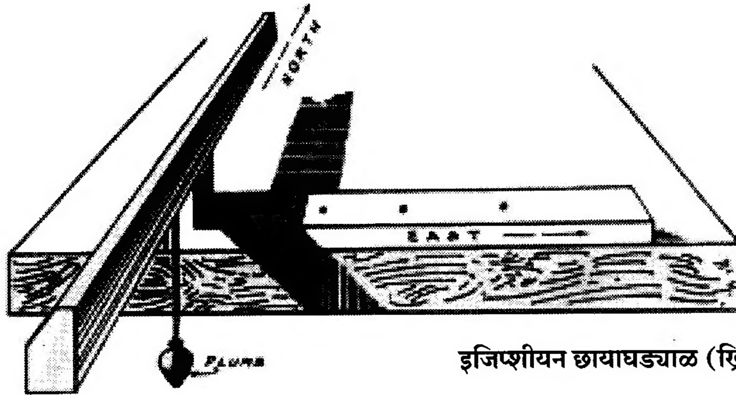
अक्षांशाएवढी होईल त्या दिवशी सूर्य याम्योत्तर वृत्तावर आला की तो बरोबर तुमच्या डोक्यावर म्हणजे खस्वास्तिकावर असेल आणि त्या दिवशी तुमची सावली तुमच्या पायावर पडेल. अर्थातच सावलीची लांबी कमीत कमी राहील.

सूर्य विषुववृत्तापासून जास्तीतजास्त २३.५ अंश उत्तरेकडे सरकतो. मुंबईचेच उदाहरण घेतले तर होते. त्यानंतर २२ जूनला सूर्याची उत्तरक्रांती २३.५ अंश होऊन तो माघारी फिरतो व त्याची क्रांती कमी कमी होऊ लागते व पुन्हा जुलै महिन्याच्या शेवटी त्याची क्रांती मुंबईच्या अक्षांशा एवढी होते. अशाप्रकारे मे महिन्याच्या मध्यात व जुलै महिन्याच्या शेवटी असे दोन दिवस दुपारी सूर्य मुंबईच्या खस्वास्तिकावर येतो. मोठ्या पंचांगात सूर्याची दररोजची क्रांती दिलेली



वर्षातील दोन दिवस सूर्य मुंबईच्या खस्वास्तिकावर पहायला मिळेल. मुंबईचे अक्षांश आहेत १९ अंश उत्तर. २१ मार्चनंतर सूर्याची उत्तरक्रांती वाढू लागते. मे महिन्याच्या मध्यात ती मुंबईच्या अक्षांशा एवढी असते. तुम्हाला तुमच्या गावचे अक्षांश माहीत असतील तर कोणते दोन दिवस सूर्य तुमच्या गावच्या खस्वास्तिकावर येईल ते समजेल.

□ □ □



इजिप्शीयन छायाघड्याळ (ख्रिस्तपूर्व १५००)

२. सूर्याची वर्षभरातील हालचाल अशी असते !

सावल्यांशी खेळ सुरू करण्याआधी खगोलशास्त्रातील काही संकल्पना तुम्हाला नीट समजून घ्याव्या लागतील. म्हणजे मगच सावल्यांच्या खेळाचा नेमका अर्थ तुमच्या लक्षात येईल. नुसतं हे करा आणि ते करा, असं सांगून काम भागणार नाही. आपण जे जे प्रयोग करणार ते तसे का करायचे, आणि त्यामधून मिळणारं उत्तर बरोबर आहे की चूक? अमुक एखाद्या प्रयोगामागे काय विज्ञान आहे? अशा प्रकारचे प्रश्न आपण स्वत:शीच विचारीत गेलो की प्रयोगाचं वर्म आपल्याला कळायला लागतं. चला तर! सावल्यांच्या प्रयोगामागील काही महत्वाच्या कल्पना प्रथम समजावून घेऊया!

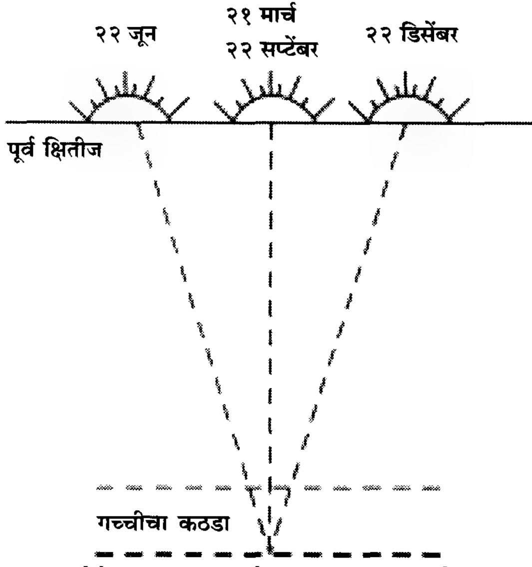
पृथ्वी नावाच्या एका स्थिर आणि अचल ग्रहावर आपले वास्तव्य असून चंद्र, सूर्य, ग्रह आणि तारे यांच्या सकट सारे आकाश जणू काही तिच्याभोवती पिंगा घालीत आहे, असं आपल्याला वाटतं. आपल्या पूर्वजांनाही अगदी तसंच वाटत असे. आपल्याकडे इ.स. ५०० साली आर्यभट नावाचा एक नामांकित खगोलशास्त्रज्ञ होऊन गेला. त्याचं मत मात्र निराळं होतं. त्याला वाटायचं पृथ्वीच स्वत:च्या अक्षाभोवती भ्रमण करीत असली पाहिजे. खरं म्हणजे आर्यभटाचा तर्क बरोबर होता, पण त्याच्या काळात आणि नंतरही कित्येक शतके आर्यभटांचं म्हणणं कुणी ऐकलंच नाही. कारण सामान्य माणसांनाच काय प्रत्यक्ष शास्त्रज्ञांनाही ग्रह, तारे, चंद्र आणि सूर्य पृथ्वीची चक्कर काटताना दिसत होते.

पृथ्वी स्वत:भोवती तर फिरतेच पण पृथ्वीसकट सारे ग्रह सूर्याभोवती दीर्घवर्तुळाकार मार्गाने भ्रमण करतात हे आता सूर्यप्रकाशाइतकं स्पष्ट झालं आहे. परंतू आपल्याला सावल्यांशी खेळायचं असल्यामुळे आपण मात्र सोईसाठी जुन्या मतालाच चिकटून रहाणार आहोत. आपण असं गृहीत धरणार आहोत की सूर्य पृथ्वीभोवती फिरतो आहे.

उत्तर व दक्षिण ध्रुवांमधून जाणाऱ्या एका काल्पनिक अक्षाभोवती पृथ्वी भ्रमण करते. त्यालाच परिवलन असे नाव आहे. पृथ्वीचे हे परिवलन पश्चिमेकडून पूर्वेकडे होते. त्यामुळेच आपल्याला सूर्य पूर्वेकडे उगवून पश्चिमेकडे मावळताना दिसतो. रेल्वेमधून प्रवास करताना बाजूची झाडे ज्याप्रमाणे आपल्या उलट दिशेत धावत असल्याचा आपल्याला भास होतो, त्यातलाच हा प्रकार आहे.

वर्षभर सतत सूर्योदयाकडे पहाण्याचा तुम्ही सराव ठेवलात तर पूर्व क्षितीजावर होणारी सूर्याची विचित्र हालचाल तुमच्या नजरेतून सुटणार नाही. २१ मार्च रोजी पूर्व क्षितिजावर ज्या बिंदूवर सूर्य उगवेल तीच खरी पूर्व दिशा आहे. २२ सप्टेंबर रोजीही त्याच बिंदूवर सूर्य उगवलेला तुम्हाला पहायला मिळेल. आपल्या गच्चीतील कठड्यावर सूर्योदयाची ही दिशा एका रेषेच्या साह्याने नोंदवून ठेवा.

२१ मार्च नंतर सूर्योदयाचा बिंदू हळू हळू उत्तर दिशेकडे सरकत आहे असे तुमच्या लक्षात येईल.असे होत होत २२ जून रोजी सूर्य अती उत्तरेकडे उगवेल सूर्याचा हा उदय बिंदूही तुम्ही कठड्यावर काढलेल्या रेषेच्या संदर्भात दुसरी रेषा काढून नोंदवून ठेवा. २२ जून नंतर सूर्याचा उदयबिंदू माघारी फिरेल व तो पुन्हा खऱ्या पूर्व दिशेकडे सरकू लागेल आणि २२ सप्टेंबर रोजी पुन्हा सूर्य खऱ्या पूर्व बिंदूवर उगवेल त्यानंतर सूर्याचा उदयबिंदू आपला मार्ग बदलेल आणि तो हळू हळू दक्षिणेकडे सरकत जाईल. २२ डिसेंबर रोजी सूर्य अती दक्षिणेकडे उगवलेला तुम्हाला पहायला मिळेल. हा उदयबिंदूही मूळ रेषेच्या संदर्भात दुसरी रेषा काढून नोंदवून ठेवा. २२ डिसेंबर नंतर सूर्याचा उदयबिंदू माघारी फिरेल आणि २१ मार्च रोजी पुन्हा सूर्य खऱ्या पूर्व बिंदूवर उगवेल. सोबतच्या आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे तुम्हाला तीन रेषा मिळतील. तुम्ही ज्या बाजूच्या दोन रेषा काढल्या आहेत त्यांचे कोन



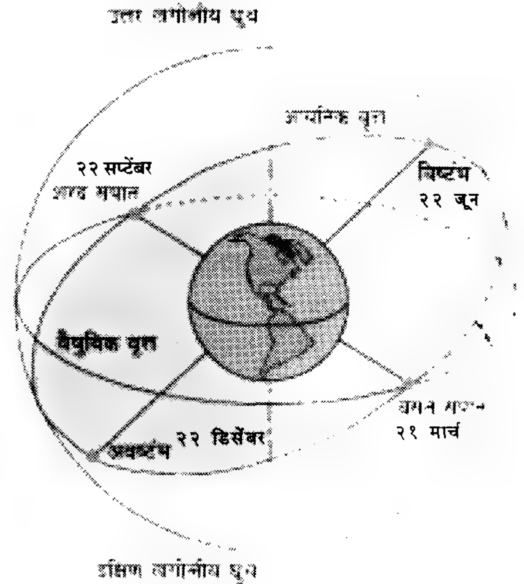
मधल्या रेषेच्या संदर्भात मोजा. तुम्हाला सुमारे २३.५ अंशाचा कोन मिळेल. असे का होते? या प्रश्नाचे उत्तर मिळविण्यासाठी आकाशातील दोन काल्पनिक वृत्तांची तुम्हाला माहिती करुन घ्यावी लागेल.

पृथ्वीचे विषुववृत्त सर्व बाजूंनी आकाशात वाढविलेत की जे वृत्त मिळते त्याला वैषुविक वृत्त असे नाव आहे. पृथ्वीचा अक्ष या वृत्ताच्या मध्य बिंदूतून जातो आणि त्याच्या प्रतलाशी ९० अंशाचा कोन करतो. पृथ्वीच्या अक्षाच्या बरोबर समोर असणाऱ्या ताऱ्याला आपण ध्रुव तारा म्हणतो. पृथ्वीच्या अक्षापाशी गती शून्य असते त्यामुळे इतर सर्व तारे पृथ्वी भोवती भ्रमण करीत असताना दिसेल तरी ध्रुव तारा मात्र एकाच जागी स्थिर रहातो. म्हणूनच त्याला आपण ध्रुव असे नाव दिले आहे.

महत्वाची गोष्ट अशी की सूर्य वैषुविक वृत्तावरुन पृथ्वीभोवती भ्रमण करीत नाही. सूर्य ज्या मार्गावरुन पृथ्वी भोवती भ्रमण करीत आहे असा आपल्याला भास होतो त्या काल्पनिक मार्गाला आयनिकवृत्त असे नाव आहे. वस्तुतः पृथ्वीच त्या मार्गावरुन सूर्याभोवती भ्रमण करीत असते.

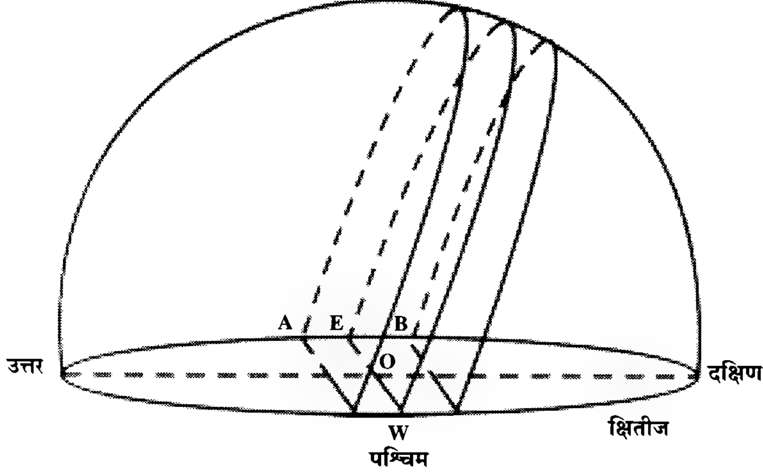
आयनिकवृत्त वैषुविकवृत्ताशी सुमारे २३.५ अंशाचा कोन करुन त्या वृत्ताला दोन बिंदूमध्ये छेदते. त्यापैकी एका बिंदूचे नाव आहे वसंत संपात व त्याच्या बरोबर समोर १८० अंशावर असणाऱ्या दुसऱ्या छेदन बिंदूचे नाव आहे शरद संपात! २१ मार्च रोजी सूर्य वसंत संपाता मध्ये व २२ सप्टेंबर रोजी तो शरद संपातामध्ये असतो.त्या दिवशी दिवस आणि रात्र समसमान म्हणजे प्रत्येकी १२ तासांच्या असतात. तसेच ह्या दोन दिवशीच सूर्य बरोबर पूर्वेला उगवून पश्चिमेला मावळतो.

२१ मार्च नंतर सूर्य विषुववृत्ताच्या उत्तरेकडे जाऊ लागतो व २२ जून रोजी विषुववृत्ताच्या अती उत्तरेकडे असतो. त्यानंतर विषुववृत्तापासून असलेले त्याचे अंतर कमी कमी होत जाते व २२ सप्टेंबर रोजी तो विषुवत्तावर येतो त्यानंतर सूर्य विषुववृत्ताच्या दक्षिणेकडे जाऊ लागतो आणि २२ डिसेंबर रोजी तो विषुववृत्ताच्या अती दक्षिणेकडे पोहोचतो. नंतर पुन्हा सूर्याचे विषुववृत्तापासून असणारे अंतर कमी कमी होत जाते व २१ मार्च रोजी विषुववृत्तावर येऊन पोहोचतो. सूर्याच्या विषुववृत्तापासून असणाऱ्या कोनात्मक अंतरालाच क्रांती असे नाव आहे. २१ मार्च व २२ सप्टेंबर ह्या दोन दिवशी सूर्याची क्रांती



शून्य असते तर २२ जून रोजी त्यांची क्रांती उच्चतम म्हणजे **सुमारे २३.५ अंश** असून ती उत्तरेला असते आणि २२ डिसेंबर रोजी पुन्हा एकदा क्रांती उच्चतम असते पण ती दक्षिणेला असते.

सूर्याच्या ह्या वार्षिक हालचालीचे प्रतिबिंब आपल्या आकाशात उमटते. प्रत्यक्षात आपल्याला त्या त्या दिवशी प्रत्यक्षात सूर्याचा मार्ग तिरकस राहील. हा तिरकसपणा तुमच्या गावच्या अक्षांशावर अवलंबून राहील. या ठिकाणी आपण पृथ्वीच्या उत्तर गोलार्धाचाच विचार करीत आहोत हे लक्षात ठेवा. आकृतीमधील 'EW' हे अर्धवर्तुळ आकाशातील वैषुविकवृत्त दर्शविल हे सांगायला नकोच!

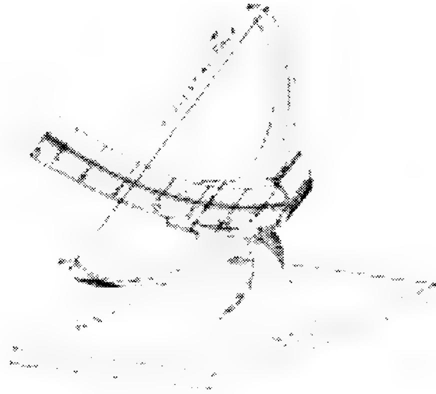


काय दिसते ते सोबतच्या आकृतीवरुन चटकन लक्षात येईल.

'E' हा बिंदू २१ मार्च व २२सप्टेंबरचा सूर्योदय बिंदू आहे. २२ जून रोजी सूर्य 'A' ह्या बिंदूवर उगवेल आणि २२ डिसेंबर रोजी सूर्य 'B' ह्या बिंदूवर उगवेल.

समजा 'O' ह्या बिंदूवर तुम्ही एखादी काठी रोवलीत तर तिची सावली काही दिवस सोडलेत तर बहुतांश वेळा उत्तरेकडे पडेल ही गोष्ट तुमच्या सहज लक्षात येईल. कोणत्या दिवशी सावली दक्षिणेकडे पडेल त्याचा विचार आपण नंतर करणार आहोत.

□ □ □



३. अबब! कालमापनाचे किती हे प्रकार?

तुमच्या हातावरचं किंवा घरातलं घड्याळ पूर्णतः चुकीची वेळ दाखविते असं सांगितलं तर तुम्हाला आश्चर्य वाटेल. तुम्ही स्वतःच त्याची प्रचिती घेऊ शकता. दुपारी बरोबर १२ वाजता तुमच्या गावच्या याम्योत्तर वृत्तावर सूर्य यायला हवा परंतू वर्षातील बहुतांश वेळा तो त्या वृत्ताच्या अलिकडे किंवा पलिकडे असल्याचं तुमच्या लक्षात येईल. खरं पाहिलं तर प्रत्येक गावासाठी स्वतंत्र घड्याळ हवं, कारण सर्व ठिकाणी एकाच वेळी सूर्य याम्योत्तर वृत्तावर येत नाही. परंतू प्रत्येक ठिकाणासाठी स्वतंत्र घड्याळ केलं की, एकच गडबड उडेल. समजा नागपूरच्या घड्याळाप्रमाणे त्या ठिकाणी बरोबर १२ वाजता एखादी महत्वाची घटना घडली तर मुंबईकर आपल्या घड्याळ्यानुसार त्या घटनेचा काळ ठरवतील सुमारे ११.५ आणि कलकत्तेकर आपल्या घड्याळ्यानुसार त्याच घटनेची वेळ सांगतील सुमारे १२.५. अर्थातच कालमापनाची ही पध्दत भलतीच गैरसोईची ठरेल. परंतू प्राचीन काळी याच पध्दतीने कालमापन केले जाई. अशा कालमापनाला 'स्थानीय वास्तव काळ' किंवा 'लोकल ॲपरंट टाईम' (LAT) असे नाव आहे. सावलीचे घड्याळ नेमका हाच काळ मोजते.

ह्या कालमापनाचा एक महत्वाचा दोष असा की तो सूर्याच्या गतीवर आधारीत आहे. पण सूर्याची (म्हणजेच पृथ्वीची) गती तर सतत बदलत असते आणि दिवसाची मर्यादाही लहान मोठी होत असते. सर्व दिवस सारखे असते तर विशिष्ट ठिकाणी दररोज सूर्य त्याचवेळी याम्योत्तर वृत्तावर पोहोचला असता. व दररोज त्याच क्षणी १२ वाजले असते. परंतू होते काय की सूर्य कधी लवकर तर कधी उशीरा याम्योत्तर वृत्तावर पोहोचतो. उदाहरणार्थ फेब्रुवारीच्या मध्याला तो सुमारे १४.५ मिनिटांनी उशिरा तर नोव्हेंबरच्या प्रारंभी तो सुमारे १६.५ मिनिटे लवकर याम्योत्तर वृत्तावर पोहोचतो. ह्याचा अर्थ वर्षभराच्या काळात कालमापनामध्ये जवळ जवळ अर्ध्या तासाचा फरक निर्माण होतो. आधुनिक घाईगर्दीच्या युगात हा फरक अक्षम्य आहे.

सूर्याच्या गतीवर कालमापन अवलंबून ठेवले तर प्रत्येक दिवशी नव्याने घड्याळ लावावे लागेल. त्यामुळेच एका काल्पनिक सूर्याच्या आधाराने कालमापन करणे आवश्यक झाले. हा काल्पनिक सूर्य समान गतीने वैषुविक वृत्तावर (आयनिक वृत्तावर नव्हे) भ्रमण करतो असे गृहीत धरण्यात येते. आयनिक वृत्तावर खऱ्या सूर्याची जी सरासरी गती असते त्याच गतीने काल्पनिक सूर्य वैषुविक वृत्तावर भ्रमण करतो असेही मानण्यात येते. वास्तव म्हणजेच खरा सूर्य व काल्पनिक सूर्य एकाच वेळी आपापल्या प्रवासांना प्रारंभ करतात. पण खरा सूर्य काल्पनिक सूर्याच्या कधी पुढे जातो तर कधी त्याच्या मागे पडतो. परंतू वर्षाच्या शेवटी मात्र ते पुन्हा एकत्र येतात. ह्या काल्पनिक सूर्याच्या आधाराने केलेल्या कालमापनाला 'स्थानीय मध्यम काल' किंवा 'लोकल मीन टाइम' (LMT) असे नाव आहे. परंतू हे कालमापनही एका विशिष्ट गावासाठी म्हणजेच याम्योत्तर वृत्तासाठी उपयोगी आहे. अर्थातच आपली घड्याळे या कालमापनानुसारही लावलेली नसतात. ती लावली जातात 'प्रमाण वेळ' किंवा 'स्टँडर्ड टाइम' प्रमाणे.

प्रत्येक देश आपल्यासाठी एक संदर्भ रेखांश निवडतो व त्या रेखांशाच्या याम्योत्तर वृत्तावर सूर्य आला की देशामधील सर्व घड्याळात १२ वाजले असे समजले जाते किंवा त्या देशातील सर्व लोक आपापल्या घड्याळात १२ ही वेळ लावतात. रेडीयो, टिव्ही वगैरे प्रसारमाध्यमातून हीच वेळ सांगितली जाते. भारताने ८२.५ पूर्व रेखांश संदर्भ म्हणून निवडले आहे. त्यानुसार भारतातील सर्व घड्याळे लावलेली

असतात, त्यालाच 'भारतीय प्रमाण वेळ' किंवा 'इंडियन स्टँडर्ड टाइम' असे नाव आहे. वस्तुतः ८२.५ पूर्व रेखांशावर १२ वाजले की त्यानंतर काही वेळाने सूर्य मुंबईच्या याम्योत्तर वृत्तावर येऊन तेथील १२ वाजतात आणि कलकत्त्याला ८२.५ रेखांशाच्या आधीच १२ वाजलेले असतात.

अनेक वेळा प्रमाण वेळेपेक्षा स्थानीय वेळेचा जास्त उपयोग असतो. विशेषतः आकाशदर्शनासाठी किंवा ज्योतिषी लोकांच्या कुंडलीसाठी स्थानिक वेळच लागते. प्रमाणवेळ व स्थानिक वेळ यामधील फरक सहजपणे काढता येतो. २४ तासात पृथ्वी ३६० अंशातून फिरते म्हणजेच एका तासात ती १५ अंशामधून भ्रमण करते किंवा एका अंशातून भ्रमण करायला तिला केवळ चार मिनिटे लागतात. यावरून आपल्या गावचे रेखांश माहित असतील तर प्रमाण व स्थानिक यामधील वेलांतर तुम्हाला सहज काढता येईल. उदाहरणार्थ मुंबईचे रेखांश ७२ अंश ५० मिनिटे, पूर्व असे आहेत, तर मुंबईचे वेलांतर किती?

रेखांशामधील फरक = ८२.५ - ७२.८३
= ९.६७ अंश

१ अंश = ४ मिनिटांचा फरक

९.६७ अंश = ३८.६८ मिनिटांचा फरक
३८ मिनिटे ४०.८ सेकंद

ह्याचा अर्थ असा की प्रमाणवेळेच्या रेखांशावर जेव्हा १२ वाजलेले असतात त्यावेळी मुंबई येथे

१२ तास - ३८.६८ मिनिटे

११ वाजून २१.३२ मिनिटे, इतकेच वाजलेले असतात.

वरील उदाहरणात वेलांतराची किंमत आपण वजा केली आहे कारण मुंबई हे शहर ८२.५ पूर्व रेखांशाच्या पश्चिमेला आहे. ८२.५ पूर्व रेखांशावर १२ वाजले की नंतर मुंबई येथे १२ वाजणार आहेत. परंतू आपल्या गावाचे रेखांश ८२.५ पूर्व रेखांशाच्या पूर्वेला असेल तर वेलांतराची किंमत मिळवावी लागेल. उदाहरणार्थ कलकत्त्याचे रेखांश आहेत ८८ अंश २३ मिनिटे म्हणजेच कलकत्ता हे शहर ८२.५ पूर्व रेखांशाच्या पूर्वेला आहे. कलकत्त्यासाठी वेलांतर येईल

८८.३८-८२.५ = ५.८८ X ४ = २३.५३ मि. हे वेलांतर प्रमाणवेळेमध्ये मिळवावे लागेल.

बहुतांश सावलीची घड्याळे 'स्थानीय वास्तव काल' (LAT) दर्शवितात. समजा आपल्या हातावरील घड्याळ स्थानीय मध्यम काळानुसार (LMT) लावलेले असेल तर खरा सूर्य व काल्पनिक सूर्य ह्यांच्या काळामधील फरक सावलीचे घड्याळ व मनगटावरील घड्याळ यांच्यामध्येही आढळून येईल. आपल्या मनगटी घड्याळ्याच्या तुलनेत काही वेळा सावलीचे घड्याळ जलद असेल तर काही वेळा ते मंद गतीने चालेल. ह्या दोन घड्याळातील कालांतराला 'इक्वेशन ऑफ टाइम' किंवा कालसूत्र असे म्हणतात, म्हणजेच कालसूत्र = LAT - LMT

प्रकरण पाच मध्ये कालसूत्राचा आलेख दिला आहे. त्यावरुन असे लक्षात येईल की वर्षातील चार वेळा कालसूत्राची किंमत शून्य होते. म्हणजेच खरा सूर्य व काल्पनिक सूर्य त्या दिवशी बरोबर असतात.

सावलीच्या घड्याळासाठी तुम्हाला आपल्या गावचे रेखांश माहित असायला हवेच. तसेच ते प्रमाणवेळेच्या रेखांशाच्या म्हणजे ८२.५ पूर्व रेखांशाच्या पश्चिमेला आहे की पूर्वेला, हे ही माहित असले पाहिजे. त्याचप्रमाणे तुमच्या जवळ कालसूत्राचा आलेखही असला पाहिजे.

सावलीच्या घड्याळावरून भारतीय प्रमाणवेळ काढायची असल्यास पुढील सूत्राचा उपयोग करावा लागेल.

भारतीय प्रमाण वेळ = सावलीच्या घड्याळाची वेळ ± कालसूत्राची किंमत ± वेलांतर

सावलीचे घड्याळ जलद असेल तर कालसूत्राची किंमत वजा करा व मंद असेल तर कालसूत्राची किंमत मिळवा. आपल्या गावाचे रेखांश ८२.५ पूर्व रेखांशाच्या पश्चिमेला असेल तर वेलांतर वजा करा व पूर्वेला असेल तर वेलांतर मिळवा.

□ □ □

४. सूर्याच्या क्रांतीचा आलेख

सूर्य आयनिक वृत्तावरून भ्रमण करतो, ही गोष्ट तुम्हाला माहित आहेच. तसेच आयनिकवृत्त वैषुविकवृत्ताशी सुमारे २३.५ अंशाचा कोन करते. वैषुविकवृत्तापासून उत्तरेला किंवा दक्षिणेला असलेल्या सूर्याच्या कोनात्मक अंतराला क्रांती असे नाव आहे. अर्थातच सूर्याची क्रांती दररोज बदलत असते. २२ जून आणि २२ डिसेंबर या दोन दिवशी सूर्याची क्रांती अनुक्रमे +२३.५ आणि -२३.५ अंश असते. २१ मार्च व २२ सप्टेंबर म्हणजे वसंत आणि शरद संपात दिनी सूर्याची क्रांती शून्य असते. म्हणजेच त्या दोन दिवशी सूर्य वैषुविकवृत्तावर असतो.

२१ मार्च पासून पुढे २२ जूनपर्यंत सूर्याची क्रांती वाढत जाते व २२ जून रोजी ती उच्चत्तम म्हणजे +२३.५ अंश होते. त्यानंतर २२ सप्टेंबर पर्यंत क्रांती कमी कमी होत जाते व २२ सप्टेंबर रोजी ती शून्य होते. त्याच्यापुढे सूर्याची क्रांती अधिकाधिक ऋण होत जाते व २२ डिसेंबर रोजी सूर्याची क्रांती -२३.५ अंश होते. त्या पुढील काळात क्रांतीची ऋण किंमत कमी होत होत ती २१ मार्च रोजी शून्य होते.

पुढील कोष्टकात वर्षातील प्रत्येक महिन्याच्या सूर्याच्या क्रांतीची किंमत दिली आहे. त्यावरून वर्षातील महिने आणि सूर्याची क्रांती यांचा आलेख तुम्ही स्वतःच काढून पहा. आलेखाचे स्वरूप आकृतीत दर्शविले आहे.

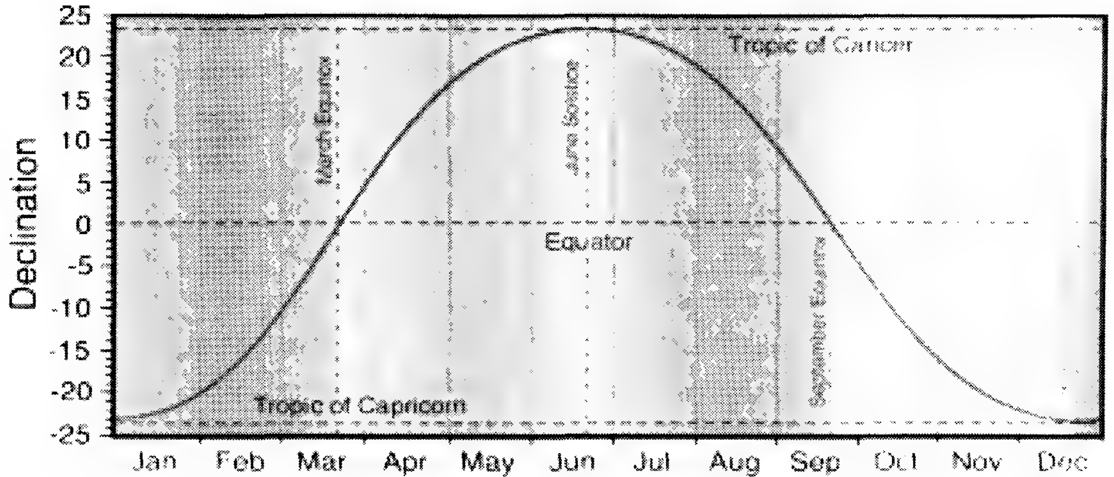


Table of the Declination of the Sun

Day	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1	-23°04'	-17°20'	-7°49'	+4°18'	+14°54'	+21°58'	+23°09'	+18°10'	+8°30'	-2°57'	-14°14'	-21°43'
2	-22°59'	-17°03'	-7°26'	+4°42'	+15°12'	+22°06'	+23°05'	+17°55'	+8°09'	-3°20'	-14°34'	-21°52'
3	-22°54'	-16°46'	-7°03'	+5°05'	+15°30'	+22°14'	+23°01'	+17°40'	+7°47'	-3°44'	-14°53'	-22°01'
4	-22°48'	-16°28'	-6°40'	+5°28'	+15°47'	+22°22'	+22°56'	+17°24'	+7°25'	-4°07'	-15°11'	-22°10'
5	-22°42'	-16°10'	-6°17'	+5°51'	+16°05'	+22°29'	+22°51'	+17°08'	+7°03'	-4°30'	-15°30'	-22°18'
6	-22°36'	-15°52'	-5°54'	+6°13'	+16°22'	+22°35'	+22°45'	+16°52'	+6°40'	-4°53'	-15°48'	-22°25'
7	-22°28'	-15°34'	-5°30'	+6°36'	+16°39'	+22°42'	+22°39'	+16°36'	+6°18'	-5°16'	-16°06'	-22°32'
8	-22°21'	-15°15'	-5°07'	+6°59'	+16°55'	+22°47'	+22°33'	+16°19'	+5°56'	-5°39'	-16°24'	-22°39'
9	-22°13'	-14°56'	-4°44'	+7°21'	+17°12'	+22°53'	+22°26'	+16°02'	+5°33'	-6°02'	-16°41'	-22°46'
10	-22°05'	-14°37'	-4°20'	+7°43'	+17°27'	+22°58'	+22°19'	+15°45'	+5°10'	-6°25'	-16°58'	-22°52'
Day	**JAN**	**FEB**	**MAR**	**APR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AUG**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DEC**
11	-21°56'	-14°18'	-3°57'	+8°07'	+17°43'	+23°02'	+22°11'	+15°27'	+4°48'	-6°48'	-17°15'	-22°57'
12	-21°47'	-13°58'	-3°33'	+8°28'	+17°59'	+23°07'	+22°04'	+15°10'	+4°25'	-7°10'	-17°32'	-23°02'
13	-21°37'	-13°38'	-3°10'	+8°50'	+18°14'	+23°11'	+21°55'	+14°52'	+4°02'	-7°32'	-17°48'	-23°07'
14	-21°27'	-13°18'	-2°46'	+9°11'	+18°29'	+23°14'	+21°46'	+14°33'	+3°39'	-7°55'	-18°04'	-23°11'
15	-21°16'	-12°58'	-2°22'	+9°33'	+18°43'	+23°17'	+21°37'	+14°15'	+3°16'	-8°18'	-18°20'	-23°14'
16	-21°06'	-12°37'	-1°59'	+9°54'	+18°58'	+23°20'	+21°28'	+13°56'	+2°53'	-8°40'	-18°35'	-23°17'
17	-20°54'	-12°16'	-1°35'	+10°16'	+19°11'	+23°22'	+21°18'	+13°37'	+2°30'	-9°02'	-18°50'	-23°20'
18	-20°42'	-11°55'	-1°11'	+10°37'	+19°25'	+23°24'	+21°08'	+13°18'	+2°06'	-9°24'	-19°05'	-23°22'
19	-20°30'	-11°34'	-0°48'	+10°58'	+19°38'	+23°25'	+20°58'	+12°59'	+1°43'	-9°45'	-19°19'	-23°24'
20	-20°18'	-11°13'	-0°24'	+11°19'	+19°51'	+23°26'	+20°47'	+12°39'	+1°20'	-10°07'	-19°33'	-23°25'
Day	**JAN**	**FEB**	**MAR**	**APR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AUG**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DEC**
21	-20°05'	-10°52'	0°00'	+11°39'	+20°04'	+23°26'	+20°36'	+12°19'	+0°57'	-10°29'	-19°47'	-23°26'
22	-19°52'	-10°30'	+0°24'	+12°00'	+20°16'	+23°26'	+20°24'	+11°59'	+0°33'	-10°50'	-20°00'	-23°26'
23	-19°38'	-10°08'	+0°47'	+12°20'	+20°28'	+23°26'	+20°12'	+11°39'	+0°10'	-11°12'	-20°13'	-23°26'
24	-19°24'	-9°46'	+1°11'	+12°40'	+20°39'	+23°25'	+20°00'	+11°19'	-0°14'	-11°33'	-20°26'	-23°26'
25	-19°10'	-9°24'	+1°35'	+13°00'	+20°50'	+23°24'	+19°47'	+10°58'	-0°37'	-11°54'	-20°38'	-23°25'
26	-18°55'	-9°02'	+1°58'	+13°19'	+21°01'	+23°23'	+19°34'	+10°38'	-1°00'	-12°14'	-20°50'	-23°23'
27	-18°40'	-8°39'	+2°22'	+13°38'	+21°12'	+23°21'	+19°21'	+10°17'	-1°24'	-12°35'	-21°01'	-23°21'
28	-18°25'	-8°17'	+2°45'	+13°58'	+21°22'	+23°19'	+19°08'	+9°56'	-1°47'	-12°55'	-21°12'	-23°19'
29	-18°09'	-8°03'	+3°09'	+14°16'	+21°31'	+23°16'	+18°54'	+9°35'	-2°10'	-13°15'	-21°23'	-23°16'
30	-17°53'		+3°32'	+14°35'	+21°41'	+23°13'	+18°40'	+9°13'	-2°34'	-13°35'	-21°33'	-23°12'
31	-17°37'		+3°55'		+21°50'		+18°25'	+8°52'		-13°55'		-23°08'

५. कालसूत्र (इक्वेशन ऑफ टाइम)

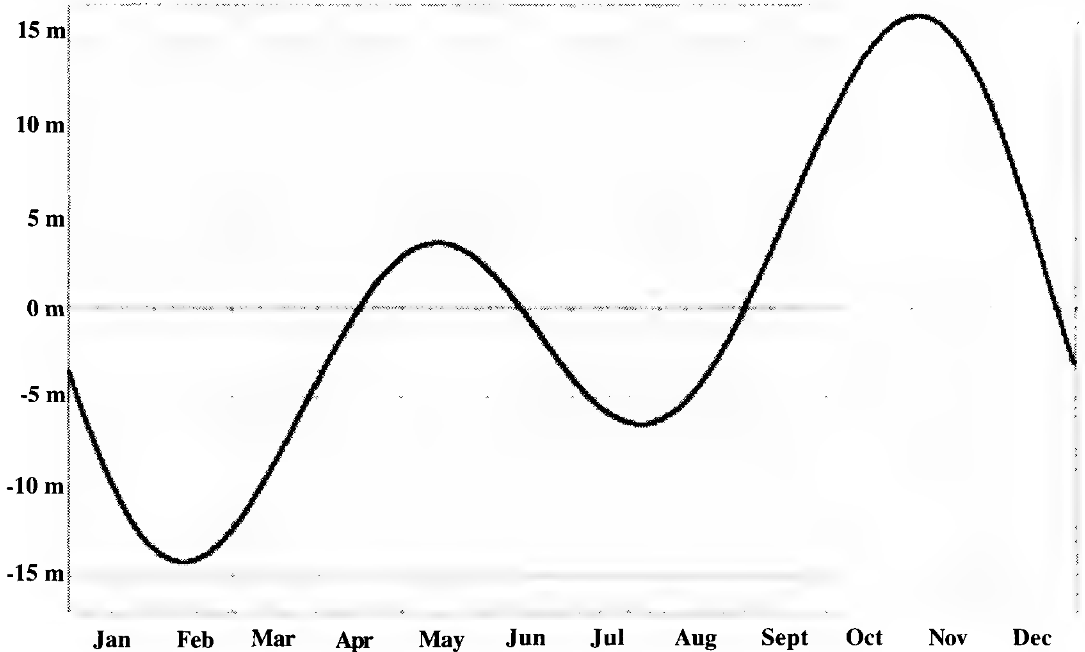
पृथ्वीची भ्रमणकक्षा दीर्घवर्तुळाकृती आहे. त्यामुळे ती समान वेगाने सूर्याभोवती भ्रमण करीत नाही. पृथ्वी केंद्रस्थानी आहे असे मानले तर सूर्य पृथ्वीभोवती समान वेगाने फिरत नाही असे म्हणावे लागते. ४ जानेवारीच्या दरम्यान पृथ्वी सूर्याच्या जवळ असते किंवा सूर्य पृथ्वीच्या जवळ असतो. त्या दिवसाच्या आसपास सूर्याचा वेग सर्वाधिक असतो. तसेच ४ जुलैच्या आसपास सूर्य पृथ्वीपासून अती दूर असतो व त्याचा वेग न्यूनतम असतो. अशा बदलत्या वेगाच्या सूर्याच्या आधाराने कालमापन करता येत नाही.

कालमापनासाठी वैषुविक वृत्तावर समान वेगाने भ्रमण करणारा एक भासमान सूर्य मानला जातो. या भासमान सूर्याचा वेग ३६० अंश / ३६५.२५ दिवस = ०.९८५६ अंश / दिवस असल्याचे गृहित धरले जाते. या भासमान सूर्याच्या आधाराने आपल्या हातावरील घड्याळ्यातील तास मिनिट आणि सेकंद आखले जातात. अर्थात वास्तव सूर्य काही वेळा भासमान सूर्यापेक्षा जास्त वेगाने तर काही वेळा कमी वेगाने भ्रमण करतो. वास्तव सूर्याच्या या कमी जास्त वेगाचा परिणाम छाया घड्याळातील तास मिनिटांमध्ये उमटतो. त्यामुळे काही वेळा छाया घड्याळ हातातील घड्याळापेक्षा जलद तर काही वेळा मंद असल्याचे लक्षात येते. वास्तव सूर्य व भासमान सूर्य यांनी दर्शविलेल्या या काळातील फरकालाच कालसूत्र किंवा 'इक्वेशन ऑफ टाइम' असे नाव आहे. छाया घड्याळ वास्तव सूर्याप्रमाणे वेळ दर्शविते, हे या ठिकाणी लक्षात ठेवले पाहिजे. कालसूत्रासाठी पृथ्वीच्या अक्षाचा कलही विचारात घ्यावा लागतो.

कालसूत्राचा आलेख सोबतच्या आकृतीत दर्शविला आहे. त्यावरून काही गोष्टी चटकन ध्यानात येतील.

१) कालसूत्राची किंमत सुमारे -१५ ते +१७ या मर्यादेत बदलते.

२) वर्षातील चार दिवस कालसूत्राची किंमत शून्य



असते ते दिवस असे आहेत, १६ एप्रिल, १४ जून, २ सप्टेंबर आणि २५ डिसेंबर. कालसूत्राची किंमत शून्य याचा अर्थ वास्तव सूर्य व भासमान सूर्य यांची गती त्या चार दिवशी समान असते.

३)कालसूत्राची किंमत ऋण असेल तर छाया घड्याळ मंद असते व तेवढी किंमत छाया घड्याळ दर्शविणाऱ्या वेळेत मिळवावी. कालसूत्राची किंमत धन असेल तर छाया घड्याळ जलद असते व घड्याळाने दर्शविलेल्या वेळेतून तेवढी मिनिटे वजा करावीत.

सामान्यतः कालसूत्राचा आलेख छाया घड्याळाशेजारी ठेवलेला असतो.

पुढील कोष्टकात प्रत्येक महिन्याच्या कालसूत्राच्या किंमती दिल्या आहेत त्यावरुन वर्षातील महिने व कालसूत्र याचा आलेख तुम्ही स्वतः रेखाटून पहा.

Table of Equation of Time

Day	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1	+3.4	+13.6	+12.5	+4.1	-2.8	-2.3	+3.6	+6.3	+0.2	-10.1	-16.3	-11.2
2	3.9	13.7	12.3	3.8	3.0	2.2	3.8	6.2	0.1	10.4	16.4	10.8
3	4.3	13.8	12.1	3.5	3.1	2.0	4.0	6.2	0.5	10.8	16.4	10.4
4	4.8	13.9	11.9	3.2	3.2	1.9	4.2	6.1	0.7	11.1	16.4	10.0
5	5.2	14.0	11.7	2.9	3.3	1.7	4.4	6.0	1.1	11.4	16.4	9.6
6	5.7	14.1	11.5	2.6	3.4	1.5	4.6	5.9	1.5	11.7	16.3	9.2
7	+6.1	+14.2	+11.2	+2.3	-3.4	-1.3	+4.7	+5.8	-1.8	-12.0	-16.3	-8.8
8	6.5	14.2	11.0	2.1	3.5	1.2	4.9	5.7	2.1	12.3	16.3	8.3
9	6.9	14.3	10.7	1.8	3.6	1.0	5.0	5.5	2.5	12.6	16.2	7.9
10	7.3	14.3	10.5	1.5	3.6	0.8	5.2	5.4	2.8	12.8	16.1	7.5
Day	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
11	7.8	14.3	10.2	1.2	3.7	0.6	5.3	5.2	3.2	13.1	16.0	7.0
12	8.2	14.3	10.0	0.9	3.7	0.4	5.4	5.1	3.5	13.4	15.9	6.5
13	+8.5	+14.3	+9.7	+0.7	-3.7	-0.2	+5.6	+4.9	-3.9	-13.6	-15.8	-6.1
14	8.9	14.3	9.4	0.4	3.7	0.0	5.7	4.7	4.2	13.8	15.6	5.6
15	9.3	14.2	9.1	+0.2	3.7	+0.2	5.8	4.5	4.6	14.1	15.5	5.1
16	9.6	14.2	8.9	-0.1	3.7	0.4	5.9	4.3	5.0	14.3	15.3	4.6
17	9.9	14.1	8.6	0.2	3.7	0.7	6.0	4.1	5.3	14.5	15.1	4.1
18	10.3	14.0	8.3	0.5	3.7	0.9	6.1	3.9	5.5	14.7	14.9	3.6
19	+10.6	+13.9	+8.0	-0.7	-3.6	+1.1	+6.2	+3.7	-6.0	-14.9	-14.7	-3.2
20	10.9	13.8	7.7	0.9	3.6	1.3	6.2	3.5	6.4	15.1	14.5	2.7
Day	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
21	11.2	13.7	7.4	1.2	3.5	1.5	6.3	3.2	6.7	15.2	14.3	2.2
22	11.5	13.6	7.1	1.4	3.5	1.7	6.3	3.0	7.1	15.4	14.0	1.7
23	11.8	13.5	6.8	1.6	3.4	2.0	6.4	2.8	7.4	15.6	13.7	1.2
24	12.0	13.4	6.5	1.8	3.3	2.2	6.4	2.5	7.8	15.7	13.4	0.7
25	+12.3	+13.2	+6.2	-1.9	-3.2	+2.4	+6.4	+2.2	-8.1	-15.8	-13.1	-0.2
26	12.5	13.1	5.9	2.1	3.1	2.6	6.4	1.9	8.4	15.9	12.9	0.3
27	12.7	12.9	5.6	2.3	3.0	2.8	6.4	1.7	8.8	16.0	12.5	0.8
28	12.9	12.7	5.3	2.4	2.9	3.0	6.4	1.4	9.1	16.1	12.2	1.3
29	13.1		5.0	2.6	2.8	3.2	6.4	1.1	9.5	16.2	11.9	1.8
30	13.3		4.7	2.7	2.6	3.4	6.4	0.8	9.8	16.3	11.5	2.3
31	+13.4		+4.4		-2.5		+6.3	+0.5		-16.3	+2.8	

□ □ □

६. शोध दक्षिणोत्तर दिशेचा !

आपल्याला सावल्यांचे जे जे प्रयोग करायचे आहेत त्यात उत्तर-दक्षिण दिशा शोधण्याच्या प्रयोगाला आपल्याला पहिलं प्राधान्य द्यायला हवं ! तुम्ही म्हणाल त्यासाठी प्रयोग कशाला करायला हवा ? सूर्य उगवतो ती पूर्व आणि त्या दिशेकडे आपण तोंड करुन आपण उभे राहिलो की डाव्या हाताकडची उत्तर आणि उजव्या हाताकडची दक्षिण! त्याही पेक्षा सोपी युक्ती म्हणजे चुंबक सूचीकडे पहायचं ती आपल्याला तात्काळ उत्तर-दक्षिण दिशा दाखवील.

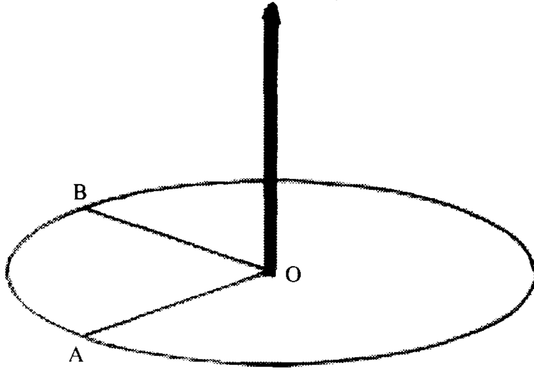
मित्रांनो ! तुम्ही सुचवीत असलेल्या दोन्ही गोष्टी आपल्याला हवी असणारी उत्तर-दक्षिण दिशा शोधण्याच्या दृष्टीने कुचकामी आहेत. एक तर सूर्य दररोज नेमका पूर्व दिशेला उगवत नाही. वर्षातील केवळ दोनच दिवस तो बरोबर पूर्वेला उगवतो आणि बरोबर पश्चिमेला मावळतो. बरं नुसतं उगवत्या सूर्याकडे तोंड करुन उभं राहिलं की आपल्याला मिळणारी उत्तर-दक्षिण दिशा तितकीशी अचुक असणार नाही.

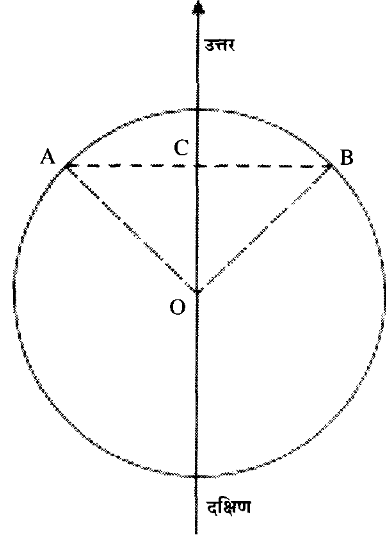
उत्तर-दक्षिण दिशा शोधण्यासाठी तुम्ही सुचविलीत चुंबक सूची परंतू चुंबक सूची दाखविते ती आहे पृथ्वीची चुंबकीय उत्तर-दक्षिण दिशा ! आपल्याला हवी आहे भौगोलिक उत्तर - दक्षिण दिशा. ह्या दोन प्रकारच्या दिशांमध्ये पुष्कळच फरक असतो आणि तो स्थानपरत्वे बदलत जातो.

भौगोलिक उत्तर-दक्षिण दिशा शोधून काढण्यासाठी सावली हे सर्वोत्कृष्ट सोपे साधन आहे. मैदानावर रोवलेल्या एखादया खांबाकडे जरा नीट लक्ष दिलंत तर दिवसभरात त्याची सावली कस कशी बदलत जाते ते तुमच्या सहज ध्यानात येईल. सूर्य उगवला की खांबाची लांबच लांब सावली पश्चिमेकडे पडलेली तुम्हाला दिसेल. सूर्य जस जसा आकाशात वर चढू लागेल तस तशी खांबाच्या सावलीची लांबी कमी कमी होत जाईल आणि तिची दिशाही बदलत जाईल. बारा वाजून गेले की सावली पूर्व दिशेकडे पडत आहे असे तुमच्या लक्षात येईल आणि सूर्य मावळतीकडे झुकू लागला की पुन्हा सावलीची लांबी वाढेल व तिची दिशाही बदलत जाईल. सरते शेवटी सूर्य मावळताना पुन्हा एकदा खांबाची लांबच लांब सावली पूर्वेकडे पडेल. सावलीच्या ह्या कमी जास्त होणाऱ्या लांबीचा आणि तिची दिशा बदलण्याचा गुणधर्माचाच उपयोग करुन आपण उत्तर-दक्षिण दिशा शोधणार आहोत.

आपला उत्तर-दक्षिण दिशा शोधण्याचा प्रयोग मैदानात किंवा घराच्या गच्चीवरही करता येईल. फक्त प्रयोगासाठी चांगली सपाट जागा मात्र अत्यंत आवश्यक आहे. सपाट जागेची निवड केल्यावर प्रथम सुमारे एक मीटर त्रिज्जेचे वर्तुळ आखून घ्या. नंतर त्या वर्तुळाच्या केंद्रावर एक सरळ लोखंडी सळई किंवा सरळ बारिक काठी बरोबर उभी रोवा. सळईची लांबी एक मीटरच्या आसपास किंवा त्यापेक्षा मोठी असली तरी चालेल. बस्स आपल्या प्रयोगाची पूर्व तयारी एवढीच आहे. पुढे सारं आहे ते निरीक्षण.

सूर्य उगवला की थोड्या वेळाने आपल्या प्रयोगाला प्रारंभ होईल. सळईची सावली हळू हळू कमी होऊ लागेल. ज्या क्षणी सावलीचे टोक तुम्ही आखलेल्या वर्तुळाला स्पर्श करील तो स्पर्श बिंदू अचुकपणे वर्तुळावर नोंदवून ठेवा. ह्या नंतरचे निरीक्षण दुपारी १२ नंतर करायचं आहे. दुपारी बारा नंतर सावलीची लांबी पुन्हा वाढू लागेल आणि एका विशिष्ट वेळी तिचे टोक पुन्हा एकदा वर्तुळाला स्पर्श करील. वर्तुळावरील हा स्पर्शबिंदूही अचुकपणे नोंदवून ठेवा. आकृतीमध्ये दर्शविल्याप्रमाणे समजा 'O' हा बिंदू वर्तुळाचे केंद्र असेल व 'A' आणि 'B' हे सावलीच्या टोकाचे वर्तुळाला स्पर्श करणारे बिंदू असतील तर तुम्हाला 'AOB' असा एक कोन मिळेल. उत्तर - दक्षिण दिशा शोधून आपल्याला हा कोन बरोबर

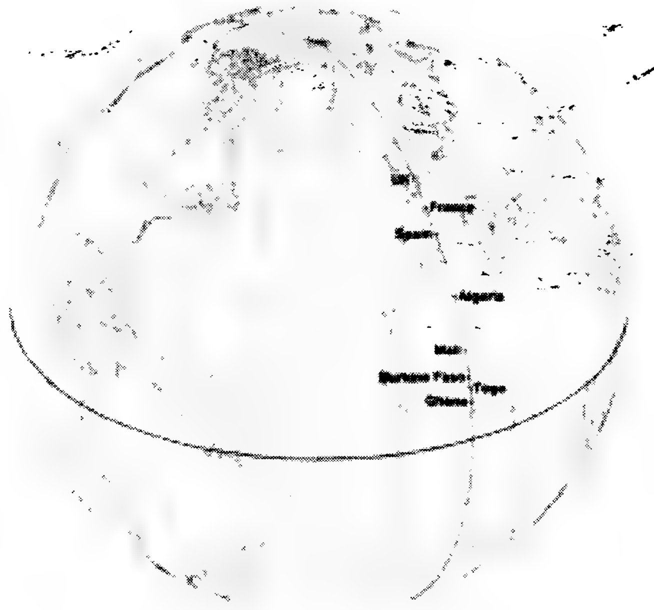




दुभागायचा आहे. त्यासाठी प्रथम 'A' आणि 'B' हे बिंदू जोडून 'AB' ही रेषा काढा. त्या रेषेचा 'C' हा मध्य बिंदू मिळवा. व नंतर 'O' आणि 'C' हे दोन बिंदू जोडून मिळणारी रेषा दोन्ही बाजूंना वाढवा. 'OC' हीच रेषा आपल्याला हवी असलेली नेमकी भौगोलिक उत्तर - दक्षिण दिशा आहे. पुढील प्रयोगांसाठी ही महत्वाची रेषा, रंगाचा उपयोग करुन कायमची आखून ठेवा.

□ □ □

ग्रिनविच मिरेडियन



७. २१ मार्च व २२ सप्टेंबरची सावली अक्षांश बहाल करते

२१ मार्च म्हणजे वसंत संपात दिन किंवा विषुव दिन. फार फार वर्षांपूर्वी आपले भारतीय खगोलशास्त्रज्ञ त्या दिवशी पडणाऱ्या शंकूच्या सावलीला अत्यंत महत्व देत. भारतीय खगोलशास्त्रज्ञांचा शंकू १२ अंगूळ उंचीचा असे. आपल्या हाताच्या एका बोटाची रुंदी म्हणजे एक अंगूळ. आधुनिक परिभाषेत १२ अंगूळ उंचीच्या शंकूची लांबी सुमारे २४ सेंटीमीटर होईल. २१ मार्च रोजी दुपारी १२ वाजता सूर्य याम्योत्तर वृत्तावर आला की दक्षिणोत्तर दिशेत पडलेल्या शंकूच्या सावलीची लांबी मोजण्यात येई. त्या लांबीला 'पलभा' असे म्हणत. भारतीय खगोलशास्त्राच्या गणितात ह्या पलभेचा वारंवार उपयोग केल्याचे तुम्हाला आढळेल.

आधुनिक काळात नेमक्या ह्याच प्रयोगाच्या साह्याने आपल्याला आपल्या गावाचे अक्षांश निश्चित करता येतील. त्यासाठी १२ अंगूळ किंवा २४ सेंटीमीटर उंचीचाच शंकू घेतला पाहिजे असे नाही. शंकू ऐवजी एक मीटर लांबी पर्यंतची सरळ सळई किंवा काठीही चालू शकेल. तसेच प्रयोग केवळ २१ मार्च ह्याच दिवशी केला पाहिजे असेही नाही. तो २२ सप्टेंबर रोजी केला तरी चालेल. ह्या दोन्ही दिवशी सूर्य आयनिक वृत्ताप्रमाणेच वैषुविक वृत्तावरही असतो.

खरं म्हणजे ह्या प्रयोगाची सारी सज्जता आपण आधीच करुन ठेवलेली आहे. आपण दक्षिणोत्तर दिशा शोधून ठेवलेली आहे आणि एका वर्तुळाच्या केंद्रामध्ये आपला शंकू म्हणजेच एक सळई सरळ रोवलेली आहे. २१ मार्च रोजी सूर्य उगवला की प्रातःकाळी नेहमी प्रमाणेच सळईची सावली पश्चिमेकडे पडेल. सूर्य जस जसा क्षितीजाच्या वर येऊ लागेल तस तशी सावली दक्षिणोत्तर दिशेकडे सरकू लागेल. एका विशिष्ट क्षणी सूर्य याम्योत्तर वृत्तावर येईल आणि सळईची सावली बरोबर दक्षिणोत्तर रेषेवर पडेल. सावली दक्षिणोत्तर रेषेशी जुळली की सावलीच्या टोकाचा बिंदू उत्तर दक्षिण रेषेवर नोंदवून ठेवा. म्हणजे सावकाश त्यावेळच्या सावलीची लांबी व्यवस्थितपणे मोजता येईल. सोबतच्या आकृतीमध्ये 'NS' ही

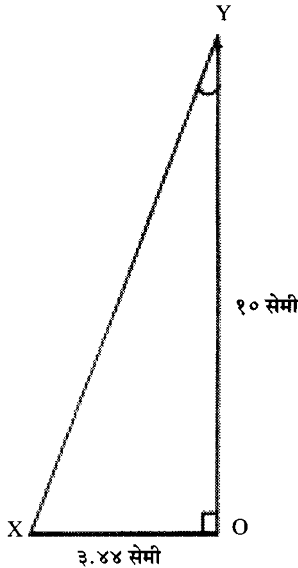
दक्षिणोत्तर रेषा आहे. 'OY' ही सळईची उंची व 'OX' ही २१ मार्च रोजी पडलेली सळईची सावली आहे. मागील आकृत्यांप्रमाणे 'OA' ही ध्रूव निदर्शक व 'OB' ही वैषुविक वृत्त निदर्शक रेषा आहे. २१ मार्च रोजी सूर्याचे किरण 'BO' ह्या रेषेला समांतर दिशेत येणार आहेत. त्यातील एक किरण 'Y' या सळईच्या टोकाला स्पर्श करुन 'YX' ह्या दिशेने 'X' ह्या बिंदूपाशी जमिनीवर येऊन थडकेल.

आकृती मधील 'NOA' हा कोन तुमच्या गावाचे अक्षांश दर्शवितो हे आता आपल्याला माहीत आहे. 'NOA' हा कोन 'OYX'ह्या कोनाएवढाच असल्याने तुम्ही सहज सिध्द करू शकाल. म्हणजेच 'OYX' हा कोनही तुमच्या गावचे अक्षांश दर्शविल. अर्थातच आपल्याला ह्याच कोनाची किंमत शोधायची आहे. त्यासाठी त्रिकोणमिती मधील टॅन (TAN) ह्या सूत्राचा आपण उपयोग करणार आहोत. 'OYX' ह्या कोनाला आपण अक्षांश असे नाव देऊया.

$$\therefore \text{TAN (अक्षांश)} = \frac{\text{समोरील बाजू}}{\text{लगतची बाजू}} = \frac{OX}{OY}$$

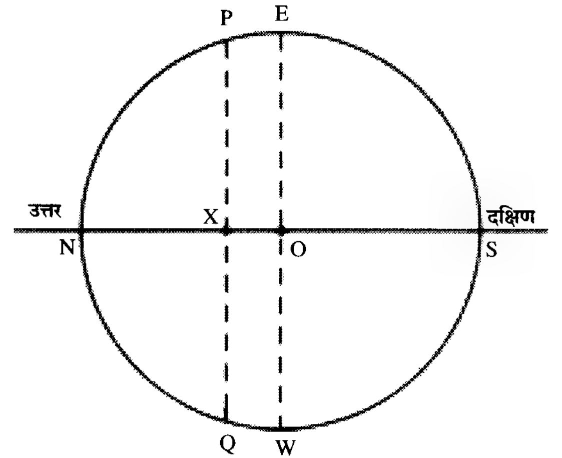
या सूत्रातील OX ही २१ मार्च रोजी सावलीची लांबी आहे व OY ही सळईची उंची आहे. या दोन्ही किंमती आपल्याला माहीत आहेत. प्रथम या गुणोत्तराची किंमत काढून ठेवा. तुमच्याजवळ कॅलक्युलेटर असेल तर अक्षांशाची किंमत तुम्हाला तात्काळ मिळू शकेल. प्रथमतः OX / OY या गुणोत्तराची किंमत कॅलक्युलेटरच्या साह्याने काढून घ्या व नंतर कॅलक्युलेटरवरील INV हे बटण प्रथम दाबा व नंतर $\tan^{1}$ हे बटण दाबा. तुमच्या गावाचे अक्षांश कॅलक्युलेटरवर तुम्हाला दिसू लागतील. १ मीटर लांबीची सळई घेऊन २१ मार्च रोजी हा प्रयोग मुंबईला केलात तर दक्षिणोत्तर रेषेवरील सावलीची लांबी ३४.४ सेंटीमीटर असल्याचे आढळेल. त्यामुळे OX / OY ह्या गुणोत्तराची किंमत येईल ३४.४ / १०० = ०.३४४ आता INV आणि $\tan^{-1}$ बटणे दाबली की कॅलक्युलेटर उत्तर देईल १८.७७८ त्यातील अपूर्णांकाला ६० ने गुणून त्याची मिनिटे करता येतील. ती येतात ०.७७८ × ६० = ४७ मिनिटे. म्हणजेच मुंबईचे अक्षांश आहेत १८ अंश ४७ मिनिटे.

तुमच्याकडे कॅलक्युलेटर नसेल तर वरील गणित लॉग टेबलच्या साह्याने करावे लागेल. या दोन्ही गोष्टी तुमच्याकडे नसतील तर प्रयोगाची प्रत्यक्ष आकृती कागदावर काढून तुम्हाला कोनमापकाच्या साह्याने हा कोन मोजता येईल. आकृती काढताना तुम्हाला योग्य स्केलची निवड करावी लागेल. मुंबईचेच उदाहरण घेऊन कशा प्रकारे आकृती काढता येईल पहा !



समजा १ सेमी. = १० असे स्केल निवडले तर OY ही रेषा १० सेमी. व OX ही रेषा ३.४४ सेमी. लांबीची होईल. या दोन रेषा आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे ९० अंश कोन करून काढा. आणि OYX हा काटकोन त्रिकोण पूर्ण करा. आता तुमच्या जवळ असलेल्या कोनमापकाने OYX हा कोन मोजा. तो कोन तुम्हाला तुमच्या गावाचे अक्षांश देईल.

२१ मार्चच्या सावलीची आणखी एक गंमत तुम्हाला पाहता येईल. त्या दिवशी दुपारी १२ वाजता दक्षिणोत्तर रेषेवर X या ठिकाणी सावलीचे टोक आहे. प्रथम वर्तुळाच्या केंद्रामधून EOW ही पूर्वपश्चिम रेषा काढून घ्या. ही रेषा अर्थातच दक्षिणोत्तर रेषेबरोबर ९० अंशाचा कोन करील. नंतर X ह्या बिंदूमधून PXQ ही रेषा पूर्वपश्चिम रेषेला समांतर काढा. २१ मार्च रोजी सारा दिवसभर सावलीच्या टोकाचे तुम्ही निरीक्षण केलेत तर तुम्हाला असे आढळेल की सावलीचे टोक नेमके PXQ ह्या रेषेवरच राहील.



सकाळ पासून सायंकाळ पर्यंत सावलीची लांबी कमी जास्त होईल पण सळईच्या सावलीचे टोक मात्र PXQ ही रेषा सोडणार नाही.

२१ मार्च रोज़ी अक्षांश ठरविण्याच्या प्रयोगात सळईची सावली दक्षिणोत्तर रेषेबरोबर जुळेपर्यंत वाट पहावी लागते. परंतू आपल्या गावी घड्याळातील वेळेप्रमाणे सावली दक्षिणोत्तर रेषेबरोबर केव्हा जुळेल याचा अंदाज करता येतो. त्यासाठी तुम्हाला तुमच्या गावासाठी असणारे वेलांतर व २१ मार्च या दिवशी असलेली कालसूत्राची किंमत माहीत हवी. वेलांतरासाठी अर्थातच तुमच्या गावाचे रेखांश तुम्हाला माहीत असावे लागेल. आपल्या गावाचे रेखांश कसे निश्चित करायचे याचा प्रयोग पुढे दिला आहे.

आपली घड्याळे भारतीय वेळेप्रमाणे लावलेली आहेत. त्यामुळे आपल्या घड्याळात १२ वाजतात, त्यावेळी ८२.५ अंश पूर्व अक्षांशावरील याम्योत्तरवृत्तावर सूर्य आलेला असतो.

समजा २१ मार्च रोजी मुंबईच्या याम्योत्तरवृत्तावर सूर्य आला (सळईची सावली दक्षिणोत्तर दिशेशी जुळली) की प्रमाण वेळेनुसार घड्याळात किती वाजले असतील ते आपल्याला ठरवायचे आहे.

मुंबई हे शहर ८२.५ अंश पूर्व ह्या संदर्भ रेखांशाच्या पश्चिमेला आहे. त्यामुळे ८२.५ अंश पूर्व रेखांशाच्या याम्योत्तरवृत्तावर सूर्य आला की तो काही वेळाने मुंबईच्या याम्योत्तरवृत्तावर येईल. मुंबई साठी ३८ मिनिटे ४० सेकंद असे वेलांतर आपण आधीच काढले आहे ते १२ तासात मिळवावे लागेल. २१ मार्च रोजी कालसूत्राची किंमत -७ मि. २८ से. आहे. म्हणजे त्या दिवशी खरा सूर्य मंद गतीने चालला आहे. त्यामुळे १२ तासात ही किंमत मिळवावी लागेल.

२१ मार्च रोजी मुंबईच्या याम्योत्तरवृत्तावर सूर्य आला किंवा सळईची सावली दक्षिणोत्तर रेषेबरोबर जुळली की घड्याळ काय वेळ दाखवील पहा!

घड्याळातील वेळ = १२+३८ मि.४० से.+
७ मि. २८ से.

घड्याळातली वेळ = १२ तास ४६ मि. ८ से.

म्हणजेच घड्याळात १२ वाजून ४६ मिनिटे आणि ८ सेकंद झाले असताना मुंबई येथे सूर्य याम्योत्तरवृत्तावर येईल. तुमचे गाव ८२.५ अंश पूर्व या संदर्भ रेखांशाच्या पूर्वेला असेल तर वेलांतर १२ मधून वजा करावे लागेल.

ह्याच पध्दतीने वर्षातील कोणत्याही दिवशी आपल्या गावाच्या याम्योत्तरवृत्तावर घड्याळातील वेळेप्रमाणे सूर्य केव्हा येईल ते निश्चित करता येईल. त्यासाठी पुढील सूत्र वापरता येते.

याम्योत्तरवृत्तावर सूर्य असताना घड्याळाने दर्शविलेली वेळ = १२ ± वेलांतर ± कालसूत्र

गाव संदर्भ रेखांशाच्या पश्चिमेला असेल तर वेलांतर मिळवावे व पूर्वेला असेल तर वजा करावे. कालसूत्र ऋण असेल तर मिळवावे व धन असेल तर वजा करावे.

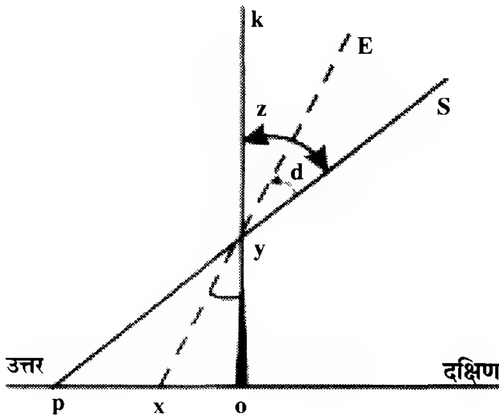
□ □ □

८. कोणत्याही दिवशीच्या सावली वरून अक्षांश

वर्षातील ४ महत्त्वाच्या खगोलशास्त्रीय दिवसांपैकी २१ मार्च व २२ सप्टेंबर ह्या दोन दिवशी सावलीच्या साह्याने सरळ आपल्या गावाचे अक्षांश कसे काढता येतात हे आपण पाहिले. २२ जून आणि २२ डिसेंबर ह्या दिवशीही आपण सावलीवरून सहजगत्या आपल्या गावाचे अक्षांश मिळवू शकतो.

२२ जून रोजी सूर्याची उत्तरक्रांती उच्चतम असते तर २२ डिसेंबर रोजी त्याची दक्षिणक्रांती उच्चतम असते. दोन्ही दिवशी सूर्य वैषुविक वृत्तापासून सुमारे २३.५ अंशावर जाऊन पोहोचतो. त्या त्या दिवशी असलेल्या सूर्याच्या नेमक्या क्रांतीची किंमत पंचांगावरून मिळते. सूर्याची ही क्रांती आपण d ह्या इंग्रजी अक्षराने दर्शविणार आहोत. आता त्या त्या दिवशी आपल्या सळईची सावली दक्षिणोत्तर रेषेवर कशी पडते पाहूया.

२२ डिसेंबर रोजी मध्याह्नी दक्षिणोत्तर रेषेवर पडणाऱ्या सावलीची लांबी सर्वात जास्त असेल. सोबतच्या आकृतीत OP ही २२ डिसेंबर रोजी दक्षिणोत्तर रेषेवर पडणारी सळईची सावली आहे. OX ही २१ मार्च रोजी दक्षिणोत्तर रेषेवर पडणारी सावली आहे. अर्थात XYE ही वैषुविकवृत्ताची दिशा आहे. २२ डिसेंबर रोजी सूर्यावरून येणाऱ्या SY ह्या किरणांची दिशा वैषुविकवृत्ताशी EYS = d हा कोन करील. वर सांगितल्याप्रमाणे हा कोन सुमारे २३.५ अंशाचा असेल.



आकृतीमध्ये हा K खस्वस्तिक बिंदू आहे. त्यामुळे या कोनाला KYS नतांश किंवा 'झेनीथ डिस्टंस' असे म्हणतात. हा कोन आपण Z ह्या इंग्रजी अक्षराने दर्शविणार आहोत. KYS हा कोन OYP या कोनाबरोबर असल्याचे तुमच्या चटकन लक्षात येईल आणि OYX हा कोन म्हणजेच a हे आपल्या गावाचे अक्षांश आपल्याला हवे आहे. त्यासाठी आकृतीवरून पुढील समीकरण लिहिता येईल.

$a = z - d$

या समीकरणातील d या कोनाची किंमत २३.५ अंश आहे आणि हा कोन मागीलप्रमाणेच विशिष्ट स्केल निवडून व आकृती काढून तुम्हाला कोनमापकाच्या साह्याने मोजता येईल. तुमच्याकडे कॅलक्युलेटर असेल तर z आणि d ह्या कोनांच्या किंमती माहित झाल्यावर अक्षांशाची ही किंमत सहज मिळविता येईल.

$$\tan(z) = \frac{op}{oy} \qquad \therefore z = \tan^{-1}\frac{op}{oy}$$

२२ जून :

२२ जून रोजी दक्षिणोत्तर रेषेवर पडणाऱ्या सळईच्या सावलीचे दोन प्रकार आहेत. तुमच्या गावाचे अक्षांश २३.५ उत्तर अक्षांशापेक्षा जास्त असतील तर दक्षिणोत्तर रेषेवरील सळईची सावली लहानात लहान राहील व ती उत्तरेकडेच पडेल. परंतू तुमच्या गावाचे अक्षांश २३.५ उत्तर अक्षांशापेक्षा कमी असतील तर मात्र २२ जून रोजी दक्षिणोत्तर रेषेवर पडणारी सावली दक्षिणेकडे असेल. सावलीची लांबी अर्थातच लहानात लहान राहील. आकृतीवरून सावल्यांचे हे दोन प्रकार तुमच्या लक्षात येतील. आकृत्यांमधील OX ही २१

मार्चची सावली आहे व YE ही वैषुविकवृत्ताची दिशा आहे.

मागील आकृती प्रमाणेच

z = नतांश, d = क्रांती = २३.५ अंश, a = अक्षांश = ?

वरील आकृत्यांवरून त्या त्या ठिकाणांसाठी पुढील प्रमाणे समीकरणे लिहिता येतील. अक्षांश २३.५ अंश उत्तरपेक्षा जास्त : (उदाहरणार्थ दिल्ली)

कोन = OYX = a = अक्षांश

कोन = OYP = कोन SYK = Z

आणि कोन = PYX = कोन EYS = d

परंतू कोन = OYX = कोन OYP + कोन PYX

$a = z + d$

अक्षांश २३.५ अंश, उत्तरेपेक्षा कमी : (उदाहरणार्थ मुंबई, पुणे, कोल्हापूर वगैरे)

कोन OYX = a = अक्षांश

कोन OYP = कोन SYK = z

कोन PYX = कोन EYS = d

परंतू कोन OYX = कोन PYX - कोन OYP

$\therefore a = d - z$

अशा प्रकारे आपल्याला दोन समीकरणे मिळतात

अक्षांश २३.५ अंश, उत्तरे पेक्षा जास्त किंवा कमी पण सावली उत्तरेकडे

अक्षांश (a) = z + d

अक्षांश २३.५ अंश, उत्तरे पेक्षा कमी असतील व सावली दक्षिणेकडे असेल तर

अक्षांश (a) = d - z

या समीकरणातील d ह्या कोनाची २३.५ ही किंमत तीच राहील व ह्या कोनाची किंमत प्रत्यक्ष आकृती काढून किंवा कॅलक्युलेटरच्या साह्याने ठरविता येईल.

कोणत्याही दिवशीच्या सावलीवरून अक्षांश :

आता प्रश्न राहिला कोणत्याही दिवशीच्या सावलीवरून आपल्या गावाचे अक्षांश निश्चित करता येतील काय? त्या प्रश्नचे उत्तर होकारार्थी आहे. फक्त त्यासाठी तुम्हाला त्या दिवशी असलेली सूर्याची क्रांती पंचांगात दिलेली असते. ती उत्तर आहे की दक्षिण हेही सांगितलेले असते. अर्थात तुमच्याकडे मोठे पंचांग असेल तर कोणत्याही दिवशी दक्षिणोत्तर रेषेवर पडणाऱ्या सळईच्या सावलीच्या साह्याने तुम्ही आपल्या गावाचे अक्षांश ठरवू शकता.

२२ सप्टेंबर ते २१ मार्च या काळात सूर्य वैषुविक वृत्ताच्या दक्षिणेकडे असतो. ह्या सहा महिन्यांच्या काळात सळईची दक्षिणोत्तर रेषेवर पडणारी सावली,

२१ मार्चची सावली आणि २२ डिसेंबरची सावली या मर्यादेतच कुठेतरी पडेल. (२२ डिसेंबरसाठी काढलेली आकृती पहा.) म्हणजेच सावलीचे टोक x आणि p ह्या बिंदूंच्यामध्ये कुठेतरी राहील. सोबतच्या आकृतीवरून ही गोष्ट स्पष्ट होईल.

आकृती मध्ये OQ ही २२ सप्टेंबर ते २१ मार्च मधील कोणत्याही दिवशी पडणारी सावली आहे. अर्थात आपल्याला अक्षांश निश्चित करण्यासाठी २२ डिसेंबरच्याच सूत्राचा उपयोग करता येईल.

अक्षांश (a) = z - d

z ह्या कोनाची किंमत प्रत्यक्ष मोजून कळेल. d म्हणजे सूर्याची क्रांती पंचांगावरून समजू शकेल.

२१ मार्च - २२ जून - २२ सप्टेंबर ह्या काळात सूर्य वैषुविक वृत्ताच्या उत्तरेला असतो. तुमच्या गावाचे अक्षांश २३.५ अंश, उत्तरेपेक्षा जास्त असेल तर सळईची सावली PX ह्या मर्यादेतच कुठेतरी पडेल परंतू २३.५ अंश उत्तर अक्षांशापेक्षा तुमच्या गावाचे अक्षांश कमी असतील तर काही दिवस सावली ह्या मर्यादेतच पण दक्षिणेला पडू शकेल. या दोन्ही सावल्या सोबतच्या आकृत्यांवरून लक्षात येतील.

या दोन सावल्यांसाठी २२ जून साठी काढलेलीच दोन सूत्रे वापरता येतील.

अक्षांश २३.५ अंश, उत्तर पेक्षा जास्त किंवा कमी व सावली उत्तरेकडे.

अक्षांश (a) = z + d

अक्षांश २३.५ अंश, उत्तर पेक्षा कमी व सावली दक्षिणेकडे.

अक्षांश (a) = d - z

□ □ □

१. रेखांश कसे शोधाल ?

ग्रीनविच हे लंडन शहराचे एक उपनगर आहे. १६७४ साली राजाज्ञेने ग्रीनविच येथे एक छोटीशी वेधशाळा बांधण्यात आली. ह्या वेधशाळेत बसून खगोलशास्त्रातील अनेक दिग्गजांनी आकाशाचे निरीक्षण केले आहे. फ्लॅमस्टीड, एडमंड हॅले, हर्षल ही त्यातील नावे सुप्रसिध्द आहेत. ग्रीनविच वेधशाळेच्या प्रांगणात एक पितळेची पट्टी दक्षिणोत्तर दिशेत ठोकून बसविलेली आहे. शून्य रेखांश ते हेच! साऱ्या जगाचे ते संदर्भ रेखांश आहे.

प्राचीन काळी भारतीय खगोलशास्त्रज्ञ उजैनला ग्रीनविचचा मान देत आणि उजैनवरून जाणारे रेखांश शून्य मानीत. पुढे ब्रिटनची जहाजे सातासमुद्रात संचार करू लागली आणि त्या देशाने सारे जग पादाक्रांत केले. अर्थातच शून्य रेखांश इंग्लंडमध्ये स्थलांतरीत करण्यात आले. ग्रीनविच मध्यम काल किंवा ग्रीनविच मीन टाइम (GMT) हा आज साऱ्या जगाचा संदर्भ काल आहे. जगात कोठेही घडलेली महत्वाची घटना ग्रीनविच मध्यम कालामध्ये सांगितली जाते. त्यावरून प्रत्येक देश आपापल्या प्रमाण वेळेनुसार ती वेळ रुपांतरित करून घेतो.

पृथ्वीच्या भौगोलिक उत्तर दक्षिण ध्रुवांमधून जाणाऱ्या व विषुववृत्ताला काटकोनात छेदणाऱ्या अर्ध वर्तुळांना रेखांश म्हणतात हे तुम्हाला माहीत आहेच. ग्रीनविचच्या संदर्भात रेखांशाच्या दृष्टीने साऱ्या जगाचे दोन भाग पाडण्यात आले आहेत. ग्रीनविच पासून पूर्वेला १८० अंशापर्यंतच्या रेखांशांना पूर्व रेखांश व पश्चिमेला १८० अंशपर्यंतच्या रेखांशाना पश्चिम रेखांश असे म्हणतात. पृथ्वी गोल असल्यामुळे अर्थातच १८० अंश पूर्व रेखांश म्हणजेच १८० अंश पश्चिम रेखांश हे सांगायला नकोच!

आपला देश ग्रीनविचच्या पूर्वेला आहे. त्यामुळे सूर्य आपल्या देशात आधी उगवतो व काही काळाने त्याचे इंग्लंडमध्ये आगमन होते. आपल्या देशाने सोय म्हणून ८२.५ पूर्व रेखांश हे संदर्भ रेखांश म्हणून निवडले आहे. आपल्या देशातील सर्व घड्याळे ह्या रेखांशाप्रमाणे लावलेली असतात. खरं म्हणजे आपल्या देशासाठी दोन संदर्भ रेखांश निवडायला हवी होती. कारण आपल्या देशाचा विस्तार तसा प्रचंड आहे. आसाममधील दिब्रुगढ येथे सूर्य उगवला की जवळ जवळ पावणे दोन तासांनी तो गुजरातमधील द्वारकेमध्ये उगवतो. समजा दिब्रुगड व द्वारका ह्या शहरांनी आपापल्या वेळेनुसार घड्याळे लावली असती तर दिब्रुगढच्या घड्याळात दुपारचे १२ वाजलेले असताना द्वारकेच्या घड्याळाने सकाळी १० वाजून १५ मिनिटे अशी वेळ दाखविली असती.

नकाशाची पुस्तके असोत नाहीतर पंचांगे असोत त्यामागे जगातील प्रमुख शहरांचेच अक्षांश रेखांश दिलेले असतात. खेड्यापाड्यांचे सोडाच पण तालुक्याच्या गावांचेही अक्षांश रेखांश कुठेही छापलेले तुम्हाला सापडणार नाहीत. आपल्या गावाचे रेखांश आपणच शोधायला हवेत. त्यासाठी पृथ्वीच्या परिवलनाचा आपण उपयोग करून घेणार आहोत. ४ मिनिटाला एक अंश ही पृथ्वीच्या परिवलनाची गती आहे. आपल्याकडे दक्षिणोत्तर दिशा व त्यावर काढलेल्या व वर्तुळाच्या केंद्रामध्ये रोवलेली सळई तयार आहे, असे आपण गृहीत धरूया.

सूर्य उगवल्यानंतर सळईची सावली हळु हळु उत्तर दक्षिण दिशेच्या रेषेकडे सरकू लागेल आणि सूर्य तुमच्या गावच्या याम्योत्तर वृत्तावर आला की सळईची सावली बरोबर दक्षिणोत्तर दिशेशी जुळेल. आपल्याला हाच क्षण हवा आहे. ज्या क्षणी सावली दक्षिणोत्तर दिशेबरोबर जुळेल त्या क्षणी तुमच्या घड्याळातील वेळेची अचुक नोंद करून ठेवा.

तुमच्या गावाचे रेखांश भारतीय संदर्भ रेखांशाच्या म्हणजे ८२.५ पूर्व रेखांशाच्या पश्चिमेला असेल तर १२ वाजल्यानंतर काही वेळाने सळईची सावली

दक्षिणोत्तर रेषेवर येईल. परंतु तुमचे गाव संदर्भ रेखांशाच्या पूर्वेला असेल तर दुपारी १२ च्या आधीच काही वेळ सळईची सावली दक्षिणोत्तर रेषेवर येईल. यावरून तुमचे गाव संदर्भ रेषेच्या पूर्वेला आहे की पश्चिमेला याचा तुम्हाला सहज अंदाज करता येईल. आता राहिली आपल्या गावाच्या रेखांशाची निश्चिती. त्यासाठी आपण दोन उदाहरणे घेऊ.

मुंबई हे शहर संदर्भ रेखांशाच्या पश्चिमेला आहे. त्यामुळे तेथे सावली १२ नंतर दक्षिणोत्तर रेषेवर येईल कारण संदर्भ रेखांशावर १२ वाजले की काही वेळाने सूर्य मुंबईच्या याम्योत्तर वृत्तावर येणार आहे. तसेच कलकत्ता हे शहर संदर्भ रेखांशाच्या पूर्वेला आहे तेथे प्रथम सूर्य याम्योत्तर वृत्तावर येईल व नंतर तो काही वेळाने संदर्भ रेखांशाच्या याम्योत्तर वृत्तावर पोहोचेल.

मुंबई येथे सळईची सावली १२ तास ३८ मिनिटे ४० सेकंद या वेळी दक्षिणोत्तर रेषेवर आल्याचे तुम्हाला आढळेल तर कलकत्ता येथे ती ११ तास ३६ मिनिट ३६ सेकंद असताना दक्षिणोत्तर रेषेवर येईल. अर्थातच घड्याळाप्रमाणे मुंबईचे कालांतर +३८ मि. ४० से. – +३८.६६ मिनिटे तर कलकत्त्याचे कालांतर येईल -२३ मिनिटे २४ सेकंद = - २३.४ मिनिटे. ह्या प्रत्येक कालांतराला ४ मिनिटांनी भागले की रेखांशामधील फरक समजेल. मुंबईसाठी रेखांशाचा फरक येईल ३८.६६/४ = ९.६६५ अंश आणि कलकत्त्यासाठी रेखांशाचा फरक येईल २३.४/४ = ५.८५ अंश. मुंबई संदर्भ रेखांशाच्या पश्चिमेला असल्यामुळे रेखांशातील फरक संदर्भ रेखांशामधून वजा केला की मुंबईचे रेखांश मिळेल व कलकत्ता संदर्भ रेखांशाच्या पूर्वेला असल्यामुळे रेखांशातील फरक संदर्भ रेखांशामध्ये मिळविला की कलकत्त्याचे रेखांश मिळेल. अशाप्रकारे,

मुंबईचे रेखांश = ८२.५ - ९.६६५ = ७२.८३५ = ७२ अंश ५० मिनिटे, पूर्व

कलकत्त्याचे रेखांश = ८२.५ + ५.८५ = ८८.३५ = ८८ अंश २१ मिनिटे, पूर्व

आपली घड्याळे वैषुविक वृत्तावर भ्रमण करणाऱ्या मध्यम सूर्याप्रमाणे लावलेली असतात. ह्या मध्यम सूर्याच्या संदर्भात काही वेळा आयनिक वृत्तावरून चालणारा खरा सूर्य मंद गतीने चालतो तर कधी जलद गतीने. त्यामुळे तो काही वेळा उशिरा याम्योत्तर वृत्तावर पोहोचतो तर काही वेळा १२ च्या आधीच याम्योत्तर वृत्त ओलांडतो. कालसूत्राच्या आलेखावरून खरा सूर्य मंद गतीने चालला आहे की, जलद गतीने ही गोष्ट आपल्या सहज लक्षात येते. परंतु विशिष्ट दिवशी खऱ्या सूर्याची जी गती संदर्भ रेखांशावर असेल तीच मुंबई किंवा कलकत्ता येथे असणार आहे. त्यामुळे आपल्या मोजमापांमध्ये खऱ्या सूर्याची गती विचारात घेण्याचे कारण पडणार नाही. निव्वळ घड्याळातील काळावरून आपल्याला आपल्या गावाचे रेखांश शोधून काढता येईल.

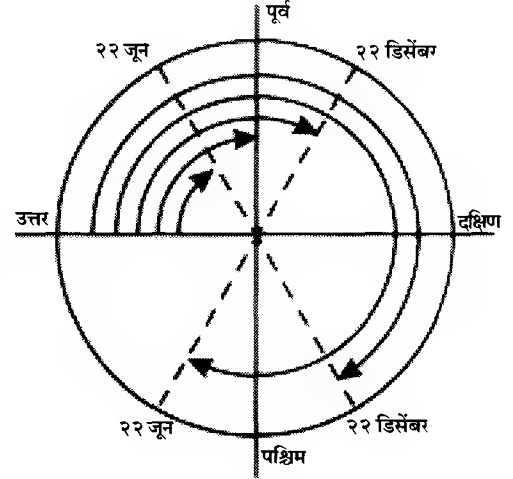
□ □ □

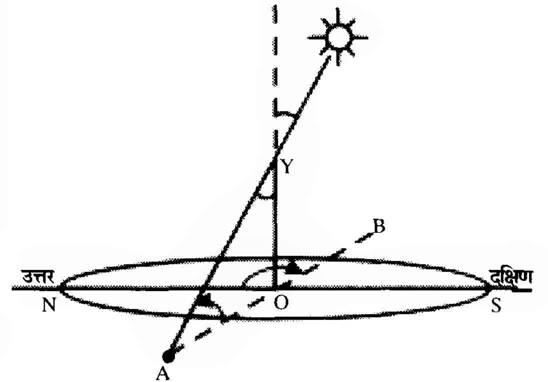
१०. सूर्य कुठे ? किती उंचावर ?

सूर्याची आकाशातील स्थिती विषुवांश आणि क्रांती किंवा भोग आणि शर अशाप्रकारच्या सहनिर्देशांकांच्या स्वरुपात दिली जाते. सूर्याचा शर नेहमी शून्य असतो हे मात्र लक्षात ठेवा. कारण शर म्हणजे आयनिक वृत्तापासून असलेले ताऱ्याचे किंवा ग्रहाचे कोनात्मक अंतर. सूर्य तर नेहमी आयनिक वृत्तावरच असतो त्यामुळे त्याचा शर नेहमी शून्यच असतो. सध्या आपण केवळ सूर्याचाच विचार करीत असल्यामुळे सूर्याची स्थिती केवळ त्याच्या भोगावरून समजू शकते. मराठी भोग म्हणजेच इंग्रजी सेलेस्टिअल लॉन्जीट्यूड. हे ही कोनात्मक अंतरच आहे आणि ते वसंतसंपात बिंदूपासून मोजले जाते. आपल्याकडे उत्तम दर्जाचे साधन असले तर सूर्याची आकाशातील नेमकी स्थिती निश्चित करता येईल. परंतू आपल्यासारख्या सामान्य माणसांजवळ अत्यंत किंमती साधने असत नाहीत कारण ती आपल्या खिशाला परवडणारच नाहीत. परंतू सावली सारखे मोफत साधन आपल्या हाताशी असताना खरं तर फार किंमती साधनाची काही आवश्यकताच नाही. निव्वळ सावलीचा उपयोग करून आपल्याला किमान सूर्याची जवळ जवळ अचुक स्थिती निश्चितच ठरविता येईल.

सावलीवरून आपल्याला विशिष्ट वेळी असणारे सूर्याचे दोन सहनिर्देशक ठरविता येतात, त्यांची नावे आहेत क्षित्यंश किंवा अग्रा आणि उन्नतांश. सूर्य पूर्वेला उगवला की त्याचे क्षितिजा पासून असणारे कोनात्मक अंतर वाढू लागते. त्यालाच उन्नतांश असे नाव आहे. दुपारी १२ वाजता सूर्य आपल्या याम्योत्तरवृत्तावर आला की त्याचे उन्नतांश ९० अंश होतात. त्यानंतर पुन्हा सूर्याचे उन्नतांश कमी कमी होत जातात व मावळतीला ते शून्य होतात.

उगवतीचा बिंदू खऱ्या पूर्वेपासून उत्तरेकडे व दक्षिणेकडे सरकत असतो हे आपण पाहिलेच आहे. २२ जूनला तो पूर्व बिंदूच्या उत्तरेला २३.५ अंशावर असतो किंवा उत्तर बिंदूपासून ९०-२३.५=६७.५ अंशावर असतो. २१ मार्च आणि २२ सप्टेंबर असे दोन दिवस तो बरोबर पूर्व बिंदूवर असल्यामुळे उत्तर बिंदूपासून त्या दिवशी सूर्य बरोबर ९० अंशावर उगवतो आणि २२ डिसेंबर रोजी सूर्य उत्तर बिंदूपासून ९०+२३.५=११३.५ अंशावर उगवतो. सूर्याच्या बिंदूचे उत्तर बिंदूपासून असणारे कोनात्मक अंतर म्हणजेच क्षित्यंश. अर्थातच सूर्याचे हे क्षित्यंश उगवत्या बिंदूचे आहेत दिवसभरच्या त्याच्या प्रवासात सूर्याचे क्षित्यंश बदलत जाणार हे उघड आहे. मावळतीच्या वेळी ते १८० अंश ओलांडून पलिकडे गेलेले असतात.





अशाच प्रकारे ग्रह आणि ताऱ्यांचेही क्षित्यंश ठरविले जातात. आपल्याला सावलीच्या साह्याने मोजायचे आहेत ते सूर्याचे उन्नतांश आणि क्षित्यंश.

आपल्यापाशी आता दक्षिणोत्तर रेषा व वर्तुळाच्या केंद्रावर रोवलेली उभी सळई अशी सर्व तयारी सिध्द आहे. वस्तुतः आपल्याला आता वर्तुळाची आवश्यकता नाही पण वर्तुळ कायमचे आखलेले असेल तर त्यावर अंशाच्या खुणा करून क्षित्यंशाची किंमत सरळ शोधून काढता येईल.

समजा एका विशिष्ट वेळी सूर्याची सावली OA ह्या रेषेत आहे. ही रेषा प्रथम नोंदवून घ्या आणि ती मागे B ह्या बिंदूपर्यंत वाढवा. NOB हा कोन म्हणजेच आपल्याला हवे असलेले सूर्याचे क्षित्यंश. तसेच आपण ज्या वेळी सावलीची नोंद घेतली त्यावेळी सूर्य क्षितीजापासून OAY ह्या कोनावर होता हेच सूर्याचे उन्नतांश आहेत. OAY हा कोन हा त्रिकोण काही स्केल निवडून कागदावर काढता येईल व प्रत्यक्ष कोनमापकाचा उपयोग करून आपल्याला सूर्याचे उन्नतांश मोजता येतील.

उन्नतांशावरून खस्वस्तिकापासून सूर्य किती कोनावर आहे हे ही समजू शकते. ह्या कोनात्मक अंतराला नतांश किंवा 'झेनीथ डिस्टन्स' असे नाव आहे. AOY हा काटकोन त्रिकोण आहे. त्यामधील AOY हा कोन सूर्याचे नतांश दर्शवितो. अर्थात ९० उणे उन्नतांश म्हणजेच नतांश. क्षित्यंश आणि उन्नतांश यावरून एका सूत्राद्वारे सूर्याची आकाशातील स्थिती निश्चित करता येते.

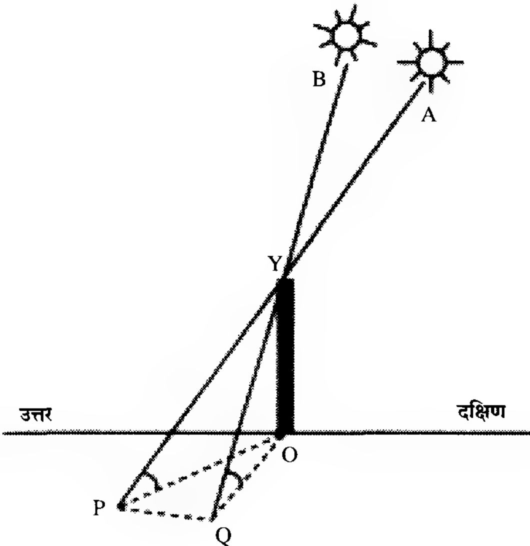
□ □ □



११. सावलीच्या साह्याने पृथ्वीचा वेग

'साध्या सावलीवरून पृथ्वीच्या परीवलनाचा वेग शोधून काढता येणे शक्य आहे', या विधानावर कदाचित तुमचा विश्वासही बसणार नाही. पृथ्वीच्या वेगाचं मोजमाप करायचं, म्हणजे कितीतरी गुंतागुंतीची यंत्रे वापरली पाहिजेत, असं तुम्हाला वाटेल. पण अनेक वेळा असं लक्षात येतं की, एखादं अगदी साधं साधन अवघड प्रश्नाचं उत्तर मिळवून देतं. पृथ्वीच्या वेगाचं मोजमाप करण्यासाठी सावली इतकं सुटसुटीत साधन शोधूनही सापडणार नाही.

२४ तासात पृथ्वी स्वतःभोवती एक प्रदक्षिणा पूर्ण करते, म्हणजेच ३६० अंशातुन फिरते. याचा अर्थ एका तासात ती १५ अंशातून स्वतःभोवती फिरत असली पाहिजे किंवा एका अंशातुन फिरण्यासाठी तिला ४ मिनिटे लागत असली पाहिजेत. सावलीच्या साह्याने पृथ्वीची ही परिवलन गतीच आपल्याला शोधून काढायची आहे. त्यासाठी आपली साधने आहेत सळई आणि तिची सावली. आपला प्रयोग अगदी सोपा आहे. बरोबर एका तासाच्या फरकाने पडणाऱ्या सळईच्या सावल्यांची नोंद आपल्याला करायची आहे.



समजा एका विशिष्ट वेळी सकाळी सूर्य आकाशात A ह्या बिंदूपाशी असेल तर सळईची सावली OP ह्या रेषेवर राहील.सावलीचे P हे टोक अचुकपणे नोंदवून ठेवा.नंतर बरोबर एका तासाने आपल्याला सळईच्या सावलीची नोंद करायची आहे. समजा एका तासाने सूर्य A ह्या बिंदूपासून B ह्या बिंदूपर्यंत पोहोचला तर सळईची OQ ह्या रेषेत पडेल. पुन्हा सावलीच्या टोकाचा Q हा बिंदू अचुकपणे नोंदवून ठेवा.

आपल्या आकृतीमधील PYQ हा कोन सूर्याने एका तासात कापलेले अंतर देईल म्हणजेच पृथ्वी एका तासात किती अंशातून फिरली ते सांगेल. आकृतीमधील PY आणि QY ह्या रेषांची लांबी एक तर पायथॅगोरसचा सिध्दांत वापरून किंवा त्रिकोणमितीच्या साह्याने काढता येईल आणि PQ ह्या रेषेची लांबी प्रत्यक्ष मोजून मिळू शकेल. नंतर योग्य ते प्रमाण निवडून PYQ हा कोन कोनमापकाचा उपयोग करून मोजता येईल.

पायथॅगोरसच्या सिध्दांतानुसार

$$PY = \sqrt{OY^2 + OP^2}$$

आणि

$$QY = \sqrt{OY^2 + OQ^2}$$

याशिवाय POY आणि QOY हे दोन काटकोन त्रिकोण योग्य ते स्केल घेऊन कागदावर रेखाटता येतील व PY आणि QY या रेषांची लांबी निश्चित करता येईल.

आपली मोजमापे बरोबर असतील तर एक तासाच्या फरकाने PYQ या कोनाची किंमत आपल्याला बरोबर १५ अंश मिळाली पाहिजे. कारण एका तासात पृथ्वी १५ अंशातून फिरते किंवा पृथ्वी स्थिर आहे असे मानले तर सूर्य एका तासात १५ अंशाचे अंतर कापतो. आपले उत्तर बरोबर आहे की

नाही ते ताडून पहायचे असेल तर सकाळी व दुपारी प्रत्येकी दोन वेळा एका तासाच्या फरकाने सावलीच्या नोंदी ठेवा आणि त्यावरून चार वेळा मिळणाऱ्या PYQ ह्या कोनाची सरासरी घ्या म्हणजे तुमच्या उत्तरातील अचुकता वाढेल.

□ □ □

मेरीटाइम म्युझियम, लंडन - डॉल्फिन सनडायल



१२. छायापथ

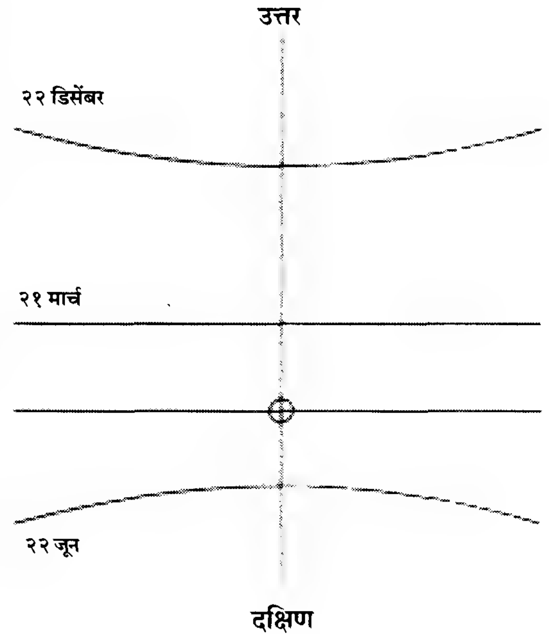
छायापथ म्हणजे सावलीचा मार्ग. दक्षिणोत्तर दिशा शोधून काढण्यासाठी तुम्ही जी काठी जमिनीत रोवली होती तिच्या सावलीचे टोक एकाच दिवशी कसे बदलत जाते आणि वर्षभरात निरनिराळ्या दिवशी तिच्यात कसा बदल होतो, हे पाहणे मोठे मनोरंजक आहे.

एखाद्या विशिष्ट दिवशी दर एका तासाने काठीच्या सावलीच्या टोकाचा बिंदू नोंदवा. दुपारी १२ च्या पूर्वी आणि नंतर सुमारे तीन ते चार बिंदू मिळाले तरी चालतील. हे सर्व बिंदू जोडलेत की तुम्हाला एक वक्र रेषा मिळेल, ही वक्ररेषा साधी सुधी नाही, तिला अपास्त असे नाव आहे. इंग्रजीत त्यासाठी 'हायपर बोला' असा शब्द वापरला जातो.

सुमारे १५ ते २० दिवसांनी पुन्हा त्याच ठिकाणी व तेवढ्याच उंचीची काठी रोवून पुन्हा दर तासाने सावलीच्या टोकाच्या बिंदूची नोंद करा. म्हणजे तुम्हाला पुन्हा तशीच अपास्तीय वक्ररेषा मिळेल. मात्र ही रेषा कदाचित पहिल्या रेषेच्या आत किंवा बाहेर असेल. याचे कारण दुसऱ्या प्रयोगाचे वेळी सूर्याची क्रांती बदलेली असेल. वर्षभर निरनिराळ्या वेळी हाच प्रयोग केलात तर तुम्हाला कशा प्रकारच्या अपास्तिक वक्ररेषा मिळतील ते सोबतच्या आकृतीत दर्शविले आहे.

२२ डिसेंबर रोजी सूर्याची दक्षिण क्रांती -२३.५ अंश असणार आहे. त्यामुळे अपास्तिक वक्ररेषा काठीच्या अती उत्तरेला मिळेल.२१ मार्च व २२ सप्टेंबर रोजी सूर्याची क्रांती शून्य असते त्यामुळे अपास्तिक वक्ररेषे ऐवजी एक सरळ रेषा मिळेल.

२२ जून रोजी सूर्याची उत्तर क्रांती +२३.५ अंश असते. मुंबईचे अक्षांश १९ अंश उत्तर आहे. त्यामुळे त्या दिवशी सूर्य मुंबईच्या संदर्भात फक्त ४.५ अंश उत्तरेला असणार आहे. अर्थात काठीच्या टोकाची सावली दक्षिणेला पडेल व त्या दिवशीच्या सावलीच्या टोकाची अपास्तिक वक्ररेषा दक्षिण दिशेला मिळेल.



१६ मे आणि ३० जुलैच्या सुमाराला सूर्याची उत्तर क्रांती मुंबईच्या अक्षांशाएवढीच असते. त्या दोन दिवशी अपास्तिक वक्ररेषा काठीच्या मुळातून जाईल.

सावल्यांचा हा खेळ तुम्हाला बरंच काही शिकवू शकेल.

□ □ □

१३. सावलीचे घड्याळ दुरूस्त करावे लागते

सावलीच्या घड्याळाने दाखविलेली वेळ तुमच्या हातातील घड्याळातील वेळेशी जुळणार नाही, याचे मुख्य कारण आहे, सावलीचे घड्याळ स्थानिक वेळ (लोकल टाइल) दर्शविते तर मनगटी घड्याळ भारतीय प्रमाणवेळ दर्शविते. या शिवाय सावलीच्या घड्याळाला कालसूत्रानुसारही दुरूस्ती लावावी लागते. या दोन दुरूस्त्या दिल्यानंतरच सावलीच्या घड्याळाची वेळ मनगटी घड्याळाशी जुळेल. या दोन दुरूस्त्यांचा थोडा सविस्तर विचार करायला हवा.

भारतीय प्रमाण वेळेची दुरूस्ती : ८२.५ पूर्व रेखांश भारतीय प्रमाणवेळेसाठी संदर्भ म्हणून मानण्यात आले आहे. तुमचे गाव या रेखांशाच्या पश्चिमेला किंवा पूर्वेला असू शकते. उदाहरणार्थ मुंबई. ८२.५ अंश पूर्व रेखांशाच्या पश्चिमेला तर कलकत्ता त्या रेखांशाच्या पूर्वेला आहे. याचा अर्थ ८२.५ अंश पूर्व रेखांशाच्या याम्योत्तर वृत्तावर (मिरेडियनवर) सूर्य आला की तेथील दुपारचे १२ वाजतील. त्यानंतर काही वेळाने मुंबईच्या याम्योत्तर वृत्तावर सूर्य येईल व मुंबई येथे दुपारचे १२ वाजतील. कलकत्ता येथे तेथील याम्योत्तर वृत्तावर सूर्याचे आगमन ८२.५ अंश पूर्व रेखांशाच्या अगोदर होईल. अर्थात सावलीचे घड्याळ स्थानिक वेळ दर्शवित असल्यामुळे ८२.५ अंश पूर्व रेखांशावर दुपारचे १२ वाजले तरी मुंबई येथे दुपारचे १२ वाजणार नाहीत मात्र मनगटी घड्याळ मुंबई येथेही दुपारचे १२ दर्शविल कारण ते भारतीय प्रमाण वेळेनुसार लावलेले असते.

सावलीच्या घड्याळातील वेळेला ही प्रमाण वेळेची दुरूस्ती दिली की ते मनगटी घड्याळाच्या जवळपासची वेळ दर्शविल. अधिक अचुकतेसाठी कालसूत्राची दुरूस्ती अवश्यक असते. प्रमाण वेळेची दुरूस्ती पुढील प्रमाणे निश्चित करता येते.

❖ पृथ्वी २४ तासात ३६० अंशातून किंवा १ तासात १५ अंशातून परिवलन करते. म्हणजेच १ अंशातून परिवलन करण्यासाठी पृथ्वीला ४ मिनिटे (६० मिनिटे/१५ अंश = ४ मिनिटे/अंश) लागतात.

❖ तुमचे गाव आणि ८२.५ अंश पूर्व रेखांश यातील फरक शोधून काढा व त्याला ४ मिनिटांनी गुणा.

❖ तुमचे गाव ८२.५ अंश पूर्व रेखांशाच्या पश्चिमेला असेल तर सावलीच्या घड्याळाने दर्शविलेल्या वेळेत मिळालेली एकंदर मिनिटे मिळवा व पूर्वेला असेल तर वजा करा.

उदाहरण १ : मुंबई पूर्व रेखांश ७२ अंश ५० मिनिटे. ८२.५ अंश पूर्व रेखांशाच्या पश्चिमेला मुंबई आहे.

७२ अंश ५० मिनिटे = ७२.८३३ अंश

रेखांश फरक = ८२.५-७२.८३३=९.६६७ अंश

१ अंश = ४ मिनिटे

∴ ९.६६७ अंश = ३८.६६८ मिनिटे

= ३८ मिनिटे ४० सेकंद

मुंबई येथे सावलीच्या घड्याळाने दर्शविलेल्या वेळेत ३८ मिनिटे ४० सेकंद मिळवावेत.

उदाहरण २ : कलकत्ता पूर्व रेखांश ८८ अंश २० मिनिटे. ८२.५ अंश पूर्व रेखांशाच्या पूर्वेला कलकत्ता आहे.

८८ अंश २०मिनिटे = ८८.३३३ अंश

रेखांश फरक = ८८.३३३-८२.५=५.८३३ अंश

१ अंश = ४ मिनिटे

५.८३३ अंश = २३.३३ मिनिटे

= २३ मिनिटे २० सेकंद

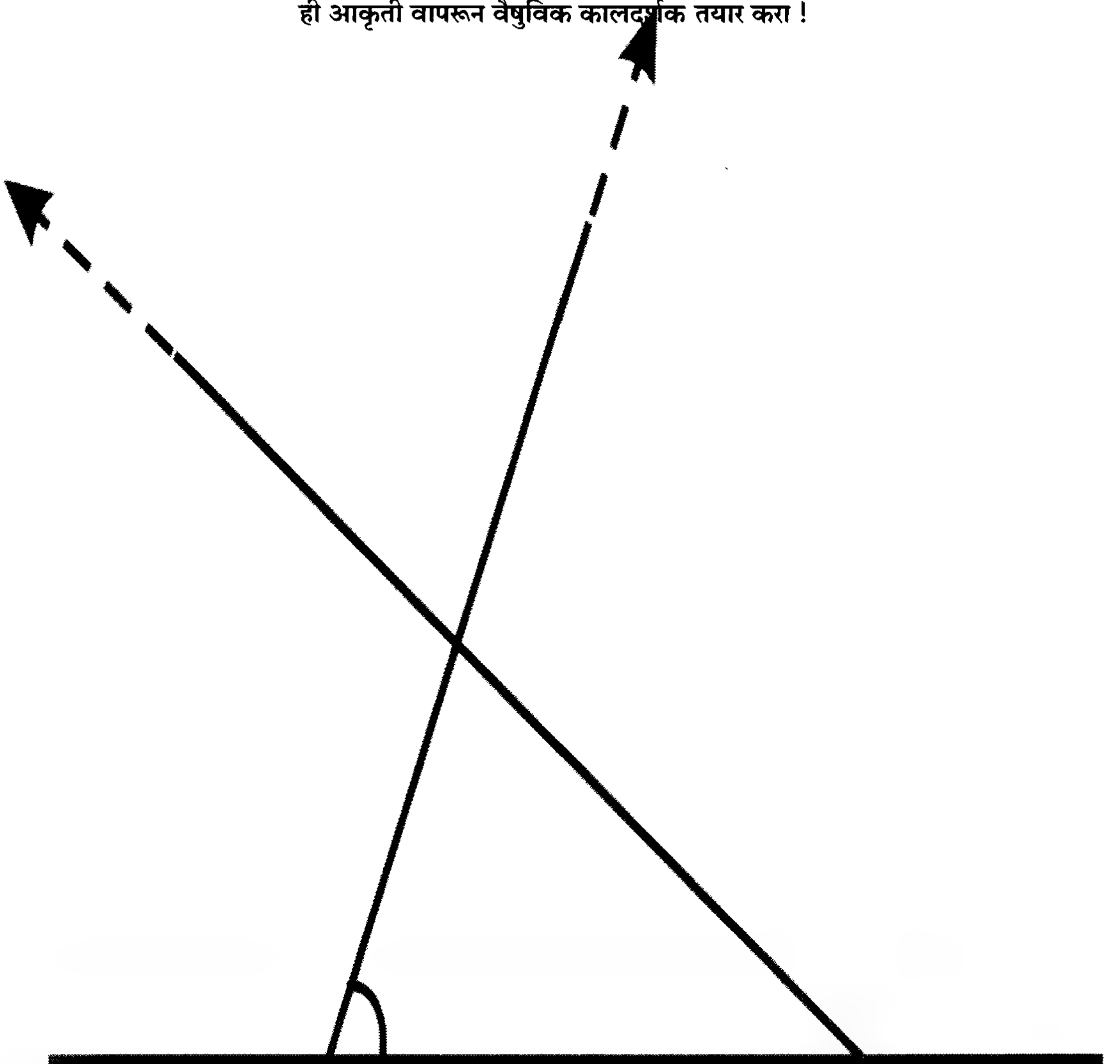
कलकत्ता येथे सावलीच्या घड्याळाने दर्शविलेल्या वेळेतून २३ मिनिटे २० सेकंद वजा करावेत.

कालसूत्राची दुरूस्ती :

कालसूत्राच्या आलेखावरून सावलीचे घड्याळ

मंद (स्लो) आहे की जलद (फास्ट) आहे याचा पत्ता लागतो. X अक्षावर महिने व Y अक्षावर मिनिटे असा हा आलेख असतो. ज्या महिन्याच्या दिनांकाला सावलीच्या घड्याळाला दुरूस्ती द्यायची असेल त्या दिनांकाला Y अक्षाची मिनिटामधील किंमत पहा जर, ही किंमत 'धन' (पॉझिटिव्ह) असेल तर सावलीचे घड्याळ जलद असते व तेवढी मिनिटे घड्याळाने दर्शविलेल्या वेळेतून वजा करावी. Y अक्षावरील मिनिटांची किंमत ऋण (निगेटिव्ह) असेल तर सावलीचे घड्याळ मंद असते व तेवढी मिनिटे घड्याळाने दर्शविलेल्या वेळेत मिळवावी.

□ □ □

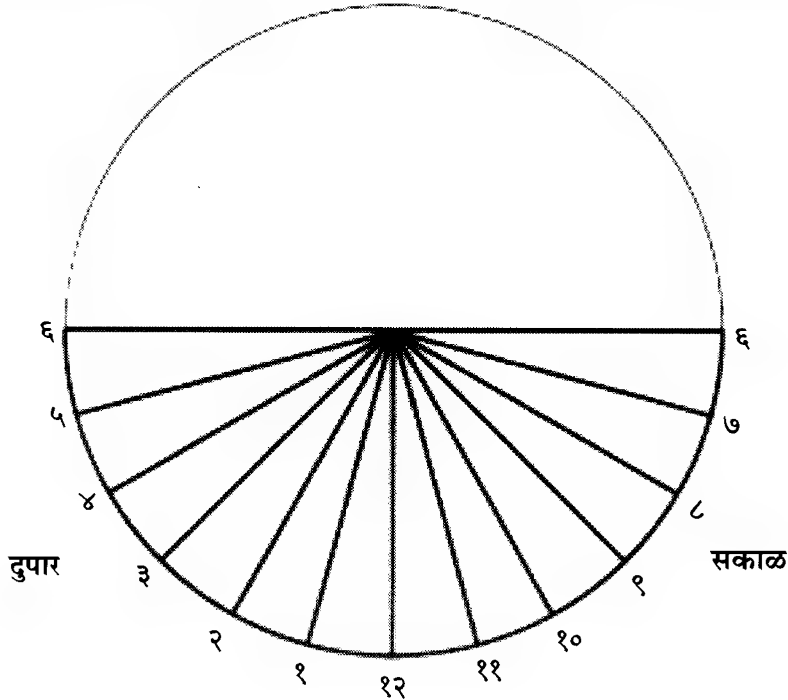


१४. वैषुविक कालदर्शक

फार फार पूर्वी आजच्या सारखी घड्याळे नव्हती. चंद्र आणि सूर्य हीच कालमापनाची साधने माणसाला माहीत होती. चंद्रच्या कलांवरून महिन्याचा अंदाज यायचा. सूर्याच्या हालचालीवरून ऋतू समजायचे आणि त्याच्याच आकाशातील दैनंदिन प्रवासावरून वेळेचे अंदाज बांधले जायचे. एखाद्या काठीची सावली हेच पुरातन घड्याळ होते. नंतर जसजसे खगोलशास्त्राचे ज्ञान वाढू लागले तसतशा सावलीच्या घड्याळातही सुधारणा होत गेल्या आणि पुढे तर सावलीच्या घड्याळावरून अचुक वेळ समजू लागली. यांत्रिक घड्याळांचे आगमन झाले ते त्यानंतर !

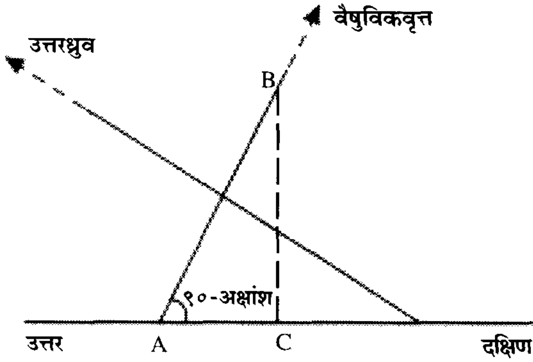
सर्वात साध्या सोप्या सावलीच्या घड्याळाचे नाव आहे 'इक्वेटोरिअल सनडायल' मराठीत त्यासाठी 'वैषुविक कालदर्शक' असा शब्द वापरायला हरकत नाही. हे घड्याळ करण्यासाठी आपल्याला लागेल एक जाड पुठ्ठा आणि दाभणासारखी टोकदार बारीक सळई. यापुढे आपण सावलीच्या घड्याळांना डायल या नावानेच ओळखणार आहोत.

तुम्हाला जेवढे मोठे घड्याळ हवे असेल तेवढा मोठा पुठ्ठा तुम्हाला निवडावा लागेल. प्रथम एका पांढऱ्या ड्राइंग पेपरवर तुम्हाला पाहिजे तेवढे मोठे वर्तुळ काढून घ्या. नंतर हे वर्तुळ दोन अर्ध वर्तुळामध्ये दुभागा. आता खालील भागात असणाऱ्या अर्ध वर्तुळावर १५ अंशाच्या अंतराने वर्तुळाच्या केंद्रामधून परिघापर्यंत रेघा आखा. अर्धवर्तुळाच्या परिघाला ज्या बिंदूत रेषा मिळतील त्यांच्या बाजूला आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे तासांचे आकडे लिहा. उजव्या बाजूकडील आकडे सकाळची वेळ दर्शवितील तर डाव्या बाजूचे आकडे दुपारच्या वेळा दर्शवितील. तुम्ही तयार केलेली ही आकृती आता पुठ्ठ्यावर योग्य प्रकारे चिकटवून टाका. सरते शेवटी वर्तुळाच्या बरोबर केंद्रावर व पुठ्ठ्याला काटकोन करून एक बारीक सरळ तार किंवा काडी



रोवून टाका.

आपण तयार केलेले हे घड्याळ आता योग्य प्रकारे ठेवायचे आहे. त्यासाठी पुन्हा एकदा आपल्याला दक्षिणोत्तर रेषेचा उपयोग लागेल. प्रथम घड्याळावरील १२ ही वेळ दक्षिणोत्तर रेषेबरोबर जुळवून घ्या आणि पुठ्ठा अशाप्रकारे तिरका ठेवा की त्याचा जमिनीबरोबर होणारा कोन (९० - अक्षांश) एवढा असेल. उदाहरणार्थ मुंबई येथे पुठ्ठ्याचा कोन ९०-१९=७१ एवढा असावा लागेल. एखाद्या काठीच्या आधाराने ही गोष्ट साधू शकेल. पुठ्ठ्याचा कोन बरोबर जमला की पुठ्ठ्याचा प्रतल बरोबर वैषुविक वृत्ताच्या प्रतला बरोबर जुळेल व घड्याळावरील बारीक सळई उत्तर ध्रुवाची दिशा दर्शवेल. सोबतच्या आकृतीवरून ही गोष्ट तुमच्या लक्षात येईल.



सूर्य उगवल्यानंतर आकाशात वर वर चढू लागला की सळईची सावली ६,७,८,९ वगैरे आकड्यांवरून सरकू लागेल. सूर्य तुमच्या गावाच्या याम्योत्तर वृत्तावर आला की सळईची सावली १२ ह्या रेषेबरोबर जुळेल आणि दुपारी सावली १,२,३ ह्याप्रमाणे डावीकडील आकड्यांवरून सरकत जाईल. विशिष्ट वेळी सावली ज्या आकड्यावर असेल तीच तुमची स्थानिक वेळ. मात्र घड्याळातील वेळेबरोबर सावलीने दर्शविलेली वेळ जुळणार नाही. सावलीच्या वेळेत आपल्या गावाचे कालांतर उणे किंवा अधिक करावे लागेल व कालसूत्राची किंमतही त्यात मिळवावी किंवा वजा करावी लागेल. आपले गाव संदर्भ रेखांशाच्या म्हणजे ८२.५ पूर्व रेखांशाच्या पश्चिमेला असेल तर कालांतर मिळवा आणि पूर्वेला असेल तर वजा करा. तसेच कालसूत्राची किंमत अधिक असेल तर वजा करा व उणे असेल तर मिळवा. सावलीच्या वेळेचे प्रमाणवेळेत रुपांतर करण्यासाठी पुढील सूत्र वापरता येईल.

प्रमाण वेळ = सावलीची वेळ ± कालांतर
± कालसूत्र

सावलीच्या सर्व घड्याळांसाठी हेच सूत्र वापरायचे आहे. त्यासाठी अर्थातच तुमच्या जवळ कालसूत्राचा आलेख असायला हवा. तसेच तुमच्या गावाचे रेखांश तुम्हाला माहीत असायला हवे त्यावरून तुम्हाला कालांतर काढता येईल.

या घड्याळाच्या अचुकपणासाठी पुठ्ठ्याचा जमिनीबरोबर असणारा (९०- अक्षांश) हा कोन अत्यंत महत्वाचा आहे. थोड्याशा कौशल्याने ही गोष्ट करावी लागेल. विशेषतः अक्षांश पूर्णांकात नसेल तर मोठाच प्रश्न निर्माण होईल. समजा AB ही आपल्या डायलची रुंदी असेल तर (९० - अक्षांश) ह्या कोनावरून डायलने तयार केलेल्या ACB ह्या काटकोन त्रिकोणाच्या AC आणि BC ह्या बाजू निश्चित करता येतील व त्यांचा उपयोग करून पुठ्ठा योग्य त्या कोनात ठेवता येईल.

घड्याळाची अचुकता वाढविण्यासाठी प्रत्येक १५ अंशामधील अंतराचे आणखी विभाग पाडता येतील. ७.५ अंशावर रेघा मारल्या तर १०:३०, ११:३० वगैरे वेळा समजू शकतील. ७.५ अंशाचेही दोन भाग करून १५ मिनिटांच्या अंतराने वेळांचा अंदाज लागेल.

आपला हा वैषुविक कालदर्शक अगदी सोपा असला तरी आपल्या कौशल्याची भर घालून त्यामध्ये अधिकाधिक अचुकता आणता येईल.

□ □ □

१५. क्षैतिज कालदर्शक : भूमितीय पध्दत

गणिती सूत्राचा उपयोग न करताही केवळ भूमितीच्या साह्याने तुम्हाला सावलीचे क्षैतिज घड्याळ बनविता येईल. त्यासाठी पुढीलप्रमाणे पदशः कृती करा.

१) AB या रेषेच्या O या मध्यबिंदूमधून OC ही लंब रेषा काढा. ही रेषा दुपारी १२ ही वेळ दर्शविते.

२) OC या रेषेला गावाच्या अक्षांशा एवढा कोन करुन OD ही रेषा काढा.

३) OC या रेषेवर F हा बिंदू निवडा. त्या बिंदूवरून OB या रेषेवर FE हा लंब टाका. F या बिंदूची निवड तुमच्या क्षैतिज घड्याळाचा आकार निश्चित करील.

४) OC या रेषेवर FG हे अंतर FE एवढेच मोजून घ्या.

५) G हा बिंदू केंद्र घेऊन व GF एवढी त्रिज्या असलेले एक अर्धवर्तुळ काढा.

६) G या बिंदूपासून GF या रेषेला १५, ३० व ४५ अंशाचे कोन करणाऱ्या रेषा GF च्या दोन्ही बाजूंना काढा.

७) FG या रेषेला काटकोनात असणाऱ्या QR या रेषेवर वरील कोन करणाऱ्या रेषा ज्या बिंदू छेदतात ते बिंदू O या बिंदूशी जोडा. या रेषा सकाळचे ९, १०, ११, १२ या वेळा व दुपारचे १, २, ३ या वेळा दर्शवितात.

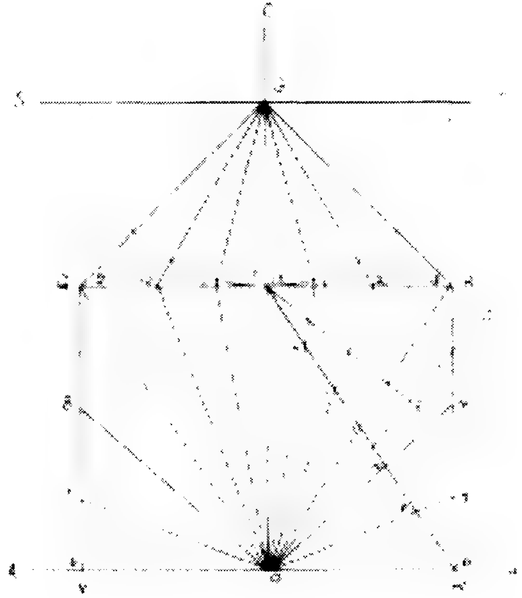
8) FW ही रेषा QO या रेषेला समांतर काढा ही रेषा १, २ व ३ दर्शक रेषांना M, L आणि K या बिंदूत छेदाल. M हा या रेषेचा मध्य बिंदू असेल. FW या रेषेवर MN = ML आणि MK = MP ही अंतरे मोजून घ्या व N आणि P हे बिंदू O या बिंदूशी जोडा. ON आणि OP या रेषा दुपारचे ४ व ५ या वेळा दर्शवतील.

9) Q आणि R या बिंदूमधून AB या रेषेवर QV आणि RW हे लंब टाका.

10) O या बिंदूमधून FON आणि FOP एवढे कोन असलेल्या O8 आणि O7 या रेषा काढा त्या अनुक्रमे सकाळी ८ व ७ या वेळा दर्शवितील.

११) अर्ध वर्तुळ व त्यावरील रेषा काढून टाका आणि गावच्या अक्षांशा एवढा कोन असलेला ग्नोमन OF या रेषेवर प्रतलाशी ९० अंशाचा कोन करुन बसवा.

तयार झालेले सावलीचे क्षैतिज घड्याळ OF ही रेषा दक्षिणोत्तर रेषेवर राहील या पध्दतीने ठेवा.

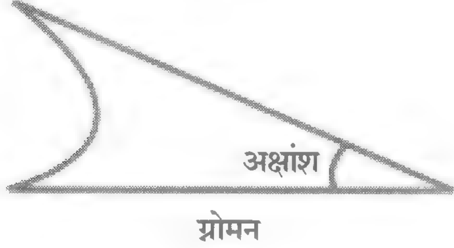


आपल्या क्षैतिज कालदर्शकाची आखणी आता पूर्ण झाली आहे. ह्या रेषांवर ज्याची सावली पडेल असा एक कालदर्शक काटा आपल्याला हवा आहे. ह्या काट्याला इंग्रजीत 'ग्नोमन' असा शब्द आहे. मराठीत त्यासाठी शंकू असा शब्द वापरून चालणार नाही. कारण त्या शब्दाबरोबर आपल्या डोळ्यासमोर उभी रहाणारी प्रतिमा निराळी आहे. त्यामुळे ग्नोमन शब्दाचा वापर करायला हरकत नाही.

आपल्याला हवा असणारा ग्नोमन त्रिकोणी आकाराचा राहील ज्याचा एक कोन बरोबर आपल्या

गावाच्या अक्षांशा एवढाच असेल. ग्रोमनचा आकार सोबतच्या आकृतीत दर्शविला आहे.

तुम्हाला पाहिजे तसा पातळ पुठ्ठ्याचा एक ग्रोमन कापून घ्या व तो OF ह्या १२ तास दर्शविणाऱ्या रेषेवर ९० अंशाचा कोन करुन चिकटवून टाका.



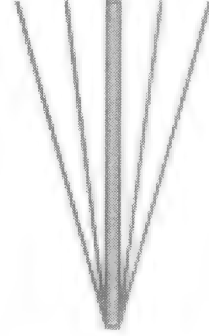
ग्रोमन

सरते शेवटी QR ह्या रेषेवर आखलेला सर्व भाग कात्रीने कापून टाका.

आपण तयार केलेले हे सावलीचे घड्याळ आता आपल्या दक्षिणोत्तर रेषेवर ठेवायचे आहे. त्यासाठी OF किंवा १२ तास निदर्शक रेषा दक्षिणोत्तर रेषेशी बरोबर जुळवा. ही गोष्ट व्यवस्थित साधली की आपले घड्याळ चालू होईल म्हणजेच ग्रोमनची सावली तास निदर्शक रेषांवर पडू लागेल. हे सावलीचे घड्याळ तयार करताना पुढील काही गोष्टी ध्यानात ठेवा.

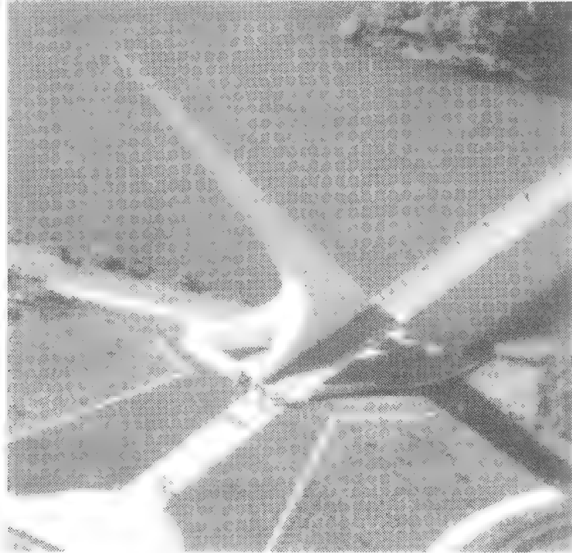
तुम्ही तयार केलेला ग्रोमोन जाड असेल तर १२ च्या अलिकडच्या व पलिकडच्या रेषा त्या प्रमाणात सरकवाव्या लागतील. त्यासाठी १२ ह्या रेषेपाशी आपण आखलेला कागद कापून जे दोन तुकडे मिळतील ते योग्य अंतर ठेवून दुसऱ्या पुठ्ठ्यावर चिकटवा.

ह्या घड्याळावर अर्ध्या तासाच्या अंतरानेही रेषा काढता येतील त्यासाठी मूळच्या अर्धवर्तुळावर १५



अंशाच्या फरकाने रेषा न काढता ७.५ अंशाच्या फरकाने रेषा काढा. रेषा काढण्याची इतर पध्दत तीच राहील.

□ □ □



१६. सावलीचे क्षैतिज घड्याळ

वैषुविक कालदर्शकाचा कोन बरोबर साधणे हे मोठ्या जिकीरीचे काम आहे. त्यामुळे सावलीचे घड्याळ मोठे असूनही अक्षांशाचा कोन नीट साधला नाही तर ते अचुक वेळ देणार नाही. ह्या प्रश्नावर उतारा म्हणजे सावलीचे घड्याळ भुईसपाट असणे. अशा प्रकारच्या घड्याळाला 'क्षैतिज कालदर्शक' या नावाने आपण ओळखणार आहोत. इंग्रजीत अशा घड्याळांना 'होरिझॉनटल सनडायल' असे नाव आहे. वस्तुतः हे घड्याळ म्हणजे वैषुविक कालदर्शकाचे भूपृष्ठावरील प्रक्षेपण आहे. क्षैतिज कालदर्शक अगदी अचुकपणे कागदावर किंवा पुठ्ठ्यावर आखता येते. विषुववृत्तापासून उत्तरेला किंवा दक्षिणेला १५ अंश अक्षांशापर्यंत हे घड्याळ आकर्षक दिसत नाही.

एका साध्या सूत्राच्या साह्याने क्षैतिज कालदर्शकाच्या तासांच्या रेघा निश्चित करता येतात. ते सूत्र असे आहे.

$$\tan(D) = \tan(t) \times \sin(l)$$

या सूत्रातील

D = मध्याह्न १२ या दर्शक रेघेशी कोन

t = सूर्याचा होरा कोन (hour Angle)

l = स्थानाचे अक्षांश

मुंबईचे अक्षांश १९ अंश उत्तर व रेखांश ७२ अंश ५० मिनीटे पूर्व आहेत मुंबईसाठी मध्याह्न १२ या दर्शक रेघेशी असलेले कोन पुढील प्रमाणे मिळतील

सूर्याचा होरा कोन	**वेळ**	**'१२' दर्शक रेषेशी कोन**
७.५	११:३० व १२:३०	२.४५
१५	११ व १	५
२२.५	१०:३० व १:३०	७.७
३०	१० व २	१०.६
३७.५	९:३० व २:३०	१४
४५	९ व ३	१८
५२.५	८:३० व ३:३०	२३
६०	८ व ४	२९.४
६७.५	७:३० व ४:३०	३८.२
७५	७ व ५	५०.५
८२.५	६:३० व ५:३०	६८

क्षैतिज कालदर्शक घड्याळाच्या होरा रेषांची आखणी.

❖ काटकोनी कागदाच्या खालच्या बाजूला सकाळचे सायंकाळचे ६ दर्शविणारी रेषा काढा.

❖ या रेषेच्या बरोबर मध्यातून त्या रेषेला काटकोन करून दुसरी रेषा काढा. ही रेषा दुपारचे १२ ही वेळ दर्शवील.

❖ वरील कोष्टक वापरून १२ दर्शक रेषेशी होरा रेषा काढा.

❖ एक कोन १९ अंश असलेला एक काटकोन त्रिकोण कापून घ्या. त्रिकोणाची १९ अंशालगतची बाजू १२ दर्शक रेषेच्या किमान २/३ असावी. या त्रिकोणाला 'ग्रोमन' असे नाव आहे.

❖ कापलेला त्रिकोण मध्याह्न (१२) दर्शक रेषेला काटकोन करून बसवा.

❖ १२ दर्शक रेषा बरोबर दक्षिणोत्तर रेषेशी जुळवून घ्या.

❖ सावलीचे घड्याळ स्थानिक वेळ दर्शविते. त्यामुळे या घड्याळाने दर्शविलेली वेळ हातावरील घड्याळाशी जुळणार नाही. सावली दर्शक वेळेवरून घड्याळातील वेळ मिळविण्यासाठी दोन दुरुस्त्या लावाव्या लागतील.

१) भारतीय संदर्भ काळासाठी दुरुस्ती

या दुरुस्तीसाठी तुम्हाला तुमच्या गावाचे रेखांश माहित असावे लागेल. भारतीय प्रमाण वेळेसाठी ८२.५ पूर्व रेखांश संदर्भ म्हणून निश्चित करण्यात आले आहे. पृथ्वी २४ तासात एक परिवलन म्हणजे ३६० अंशातून फिरते. त्यामुळे, पृथ्वीला एका अंशातून फिरण्यासाठी २४ × ६०/३६०=४ मिनिटे लागतात.

तुमचे गाव संदर्भ रेखांशाच्या पूर्वेला आहे की पश्चिमेला ते पहा. नंतर संदर्भ रेखांश व तुमच्या गावाचे रेखांश यामधील फरक निश्चित करा व पुढील प्रमाणे दुरुस्तीचा कालावधी शोधून काढा.

दुरुस्तीचा कालावधी = रेखांशातील फरक × ४ मिनिटे.

गाव संदर्भ रेखांशाच्या पश्चिमेला असेल तर,

क्षैतिज घड्याळातील वेळ + दुरुस्तीचा कालावधी

गाव संदर्भ रेखांशाच्या पूर्वेला असेल तर,

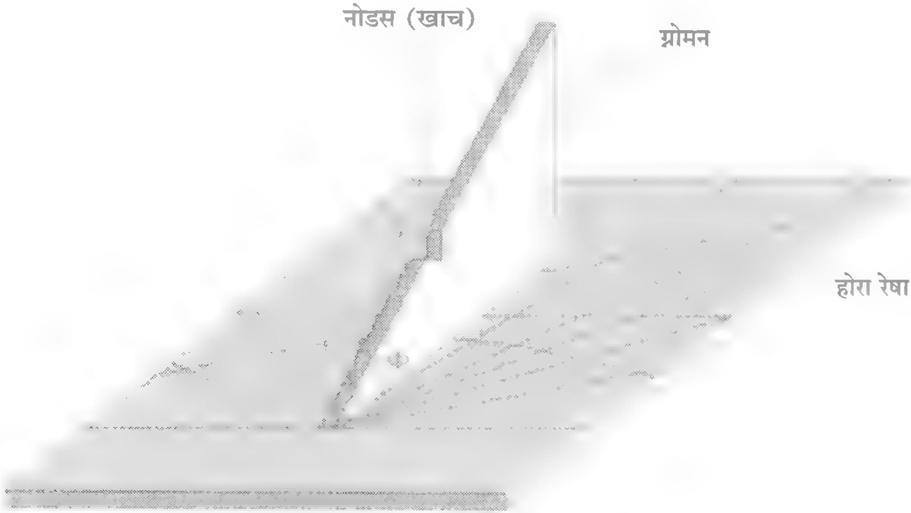
क्षैतिज घड्याळातील वेळ - दुरुस्तीचा कालावधी

उदाहरण : मुंबई रेखांश ७२ अंश ५० मिनिटे. मुंबई हे शहर ८२.५ अंश संदर्भ रेखांशाच्या पश्चिमेला आहे.

दुरुस्तीचा कालावधी = +(८२ अंश ३० मिनिटे-
७२ अंश ५० मिनिटे) × ४
= +(९ अंश ४० मिनिटे) × ४
= +९.६६× ४ = ३८.६४ मि.
= +३८ मिनिटे ४० सेकंद

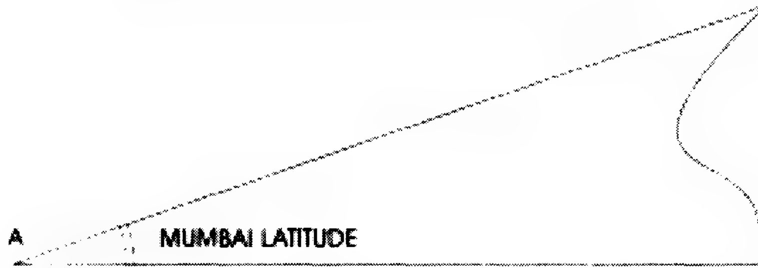
२) कालसमीकरणाची दुरुस्ती

कालसमीकरणाच्या आलेखावरुन महिना आणि दिवस यानुसार ही दुरुस्ती धन किंवा ऋण असेल.

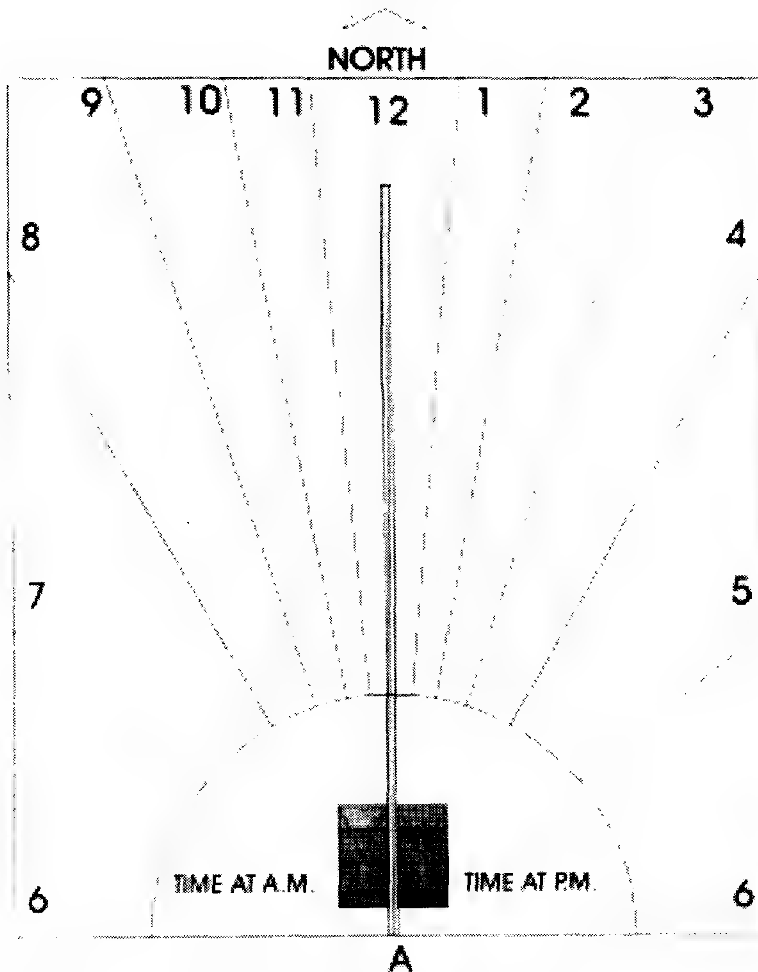


□ □ □

READY TO USE HORIZONTAL SUN-DIAL



SIDE VIEW : [TO BE PACED VERTICALLY AS SHOWN IN DIAGRAM BELOW]



PLAN VIEW : [CUT AND PASTE ON HORIZONTAL SURFACE]

१७. छायापथाचे क्षैतिज कालदर्शकावर आलेखन

तुम्ही तयार केलेल्या क्षैतिज कालदर्शकावर तुम्हाला छायापथाचे आलेखन करता येईल. तुम्ही जो ग्नोमन कालदर्शकावर बसविला आहे त्याच्या पायाला सबस्टाइल व तिरक्या बाजूला स्टाइल अशी तांत्रिक नावे आहेत. मुंबईचे अक्षांश १९ अंश उत्तर आहेत. समजा स्टाइल व सब स्टाइल यांच्या किंमती अनुक्रमे १५.३५ सेमी व १४.५ सेमी अशा निवडल्या तर ग्नोमनची उंची ५ सेमी येते. आकृतीमध्ये OT आणि OS या रेषा अनुक्रमे स्टाइल व सबस्टाइल दर्शवितात. TOS हा कोन अक्षांशा एवढा आहे.

OT रेषेला काटकोन करून TE ही रेषा काढा. ही रेषा वैषुविक वृत्त दर्शविते.

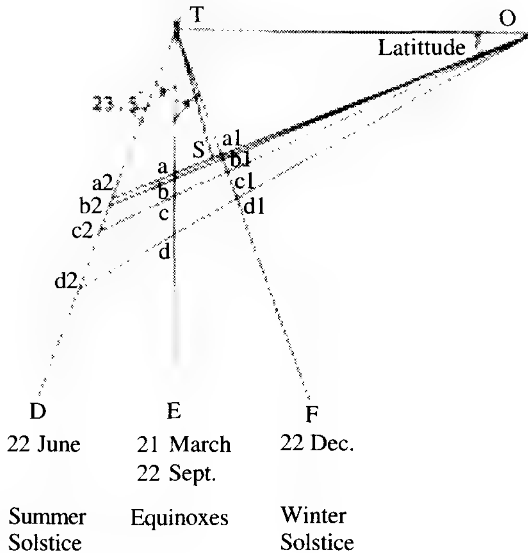
TE या रेषेशी २३.५ अंशाचा कोन करून अनुक्रमे TD आणि TF या रेषा काढा.

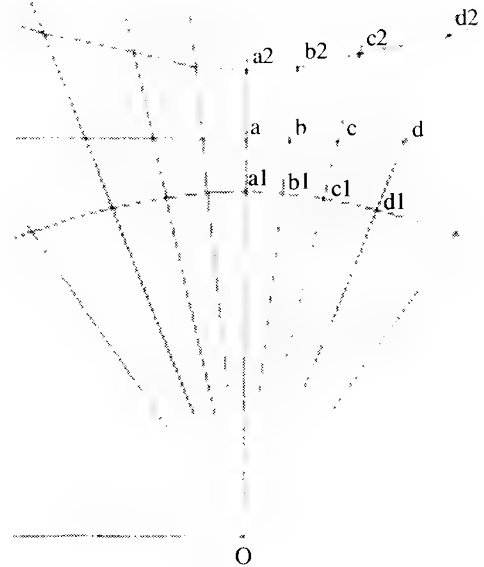
OS ही रेषा वाढवा ती TE या रेषेला a या बिंदूत छेदील त्याच प्रमाणे TF आणि TD रेषांना अनुक्रमे a1 आणि a2 या बिंदूत छेदील.

मध्याह्न दर्शक रेषेवर oa एवढे अंतर मोजून घ्या व a या बिंदूमधून मध्याह्न रेषेला काटकोन करून एक रेषा काढा. ही रेषा होरा रेषांना b, c, d वगैरे बिंदूत छेदिल. oa, ob, oc, od या रेषा TF आणि TD या रेषांना a1, b1, c1, d1 आणि a2, b2, c2, d2 या बिंदूत छेदतील.

oa1, ob1, oc1, od1 आणि oa2, ob2, oc2, od2 एवढी अंतरे होरा रेषांवर मोजून घ्या.

सरते शेवटी a2, b2, c2, d2 व a1, b1, c1, d1 हे बिंदू वक्ररेषेने जोडा. म्हणजे पाहिजे असलेला छायापथ मिळेल. सूर्याच्या अन्य क्रांतीसाठीही याच पध्दतीने छायापथ रेखाटता येतील.





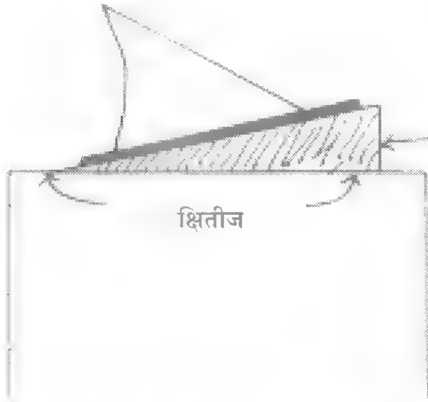
□ □ □

१८. नवीन अक्षांशासाठी क्षैतिज घड्याळाची रचना

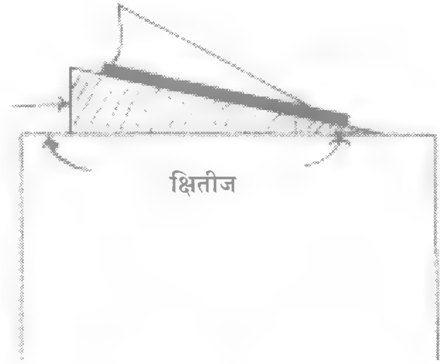
विषुववृत्ताच्या जसे जसे जवळ जावे तसे तसे अक्षांश कमी कमी होत जातात व ग्रोमनचा कोन लहान होतो. त्यामुळे सावलीचे क्षैतिज घड्याळ आकर्षक होत नाही. अशा वेळी क्षैतिज घड्याळातील होरा रेषांचे जास्त अक्षांशासाठी गणित करावे. या घड्याळाची रचना झाल्यावर ते १० किंवा १५ अंश कोन असलेल्या पृष्ठाच्या उतारावर बसवावे.

याच प्रकारे कोहापूरसाठी तयार कलेले क्षैतिज घड्याळ जास्त अक्षांशासाठी वापरता येईल. उदाहरणार्थ दिल्ली शहरासाठी वापरायचे असल्यास सुमारे १२ अंश कोन असलेल्या पृष्ठाच्या चढावर बसवावे. दिल्लीचे अक्षांश २८.६ अंश आहेत. त्यामुळे २८.६ - १६.६६ = १२ अंश सुमारे.

(कोल्हापूर अक्षांश = १६.६६)

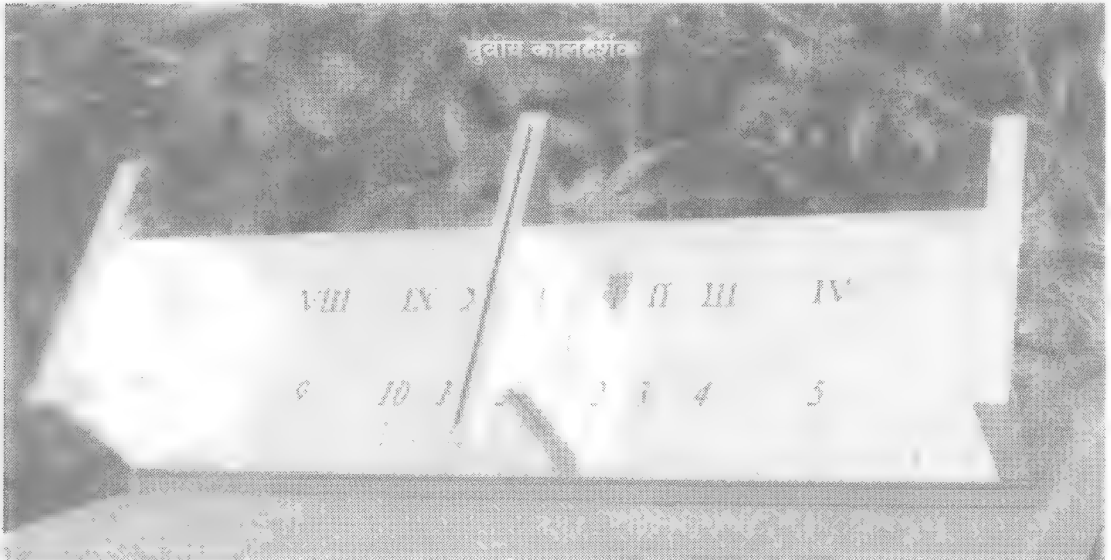


मोठ्या अक्षांशाचे घड्याळ लहान अक्षांशासाठी



लहान अक्षांशाचे घड्याळ मोठ्या अक्षांशासाठी

□ □ □



१९. दक्षिणाभिमुख छाया घड्याळ

उत्तर गोलार्धातील २३.५ अंश अक्षांशापलिकडे सर्व स्थानी सूर्य नेहमी खमध्याच्या दक्षिणेकडे असतो. त्यापेक्षा कमी अक्षांशावर वर्षातील काही काळ सूर्य खमध्य ओलांडून उत्तरेकडे जातो. उदाहरणार्थ मुंबईचे अक्षांश १९ अंश उत्तर असे आहेत. ज्यावेळी सूर्याची क्रांती १९ अंश उत्तरेपेक्षा जास्त होईल त्यादिवशी सूर्य मुंबईचे खमध्य ओलांडून उत्तरेकडे जाईल ही घटना २० मेच्या आसपास होते. त्यानंतर सूर्याची क्रांती वाढत जाते व ती २२ जून रोजी उच्चतम म्हणजे २३.५ अंश होते. त्यानंतर क्रांती कमी कमी होत जाते व २८ जुलैच्या सुमाराला ती १९ अंशापेक्षा कमी होते. याचा अर्थ २० मे ते २८ जुलै या काळात मुंबई येथे सूर्य खमध्याच्या उत्तरेला असतो. म्हणजेच मुंबई येथे वर्षातील सुमारे १० महिने सूर्य खमध्याच्या दक्षिणेला असतो. आणखी दक्षिणेकडील बंगलोर या शहराचे अक्षांश १३ अंश उत्तर असे आहेत त्या ठिकाणी २५ एप्रिल ते १८ ऑगस्ट या काळात सूर्य बंगलोरच्या खमध्याच्या उत्तरेला असतो. सुमारे पावणे चार महिन्याचा हा कालावधी आहे.

उत्तर गोलार्धात वर्षातील बराच काळ सूर्य खमध्याच्या दक्षिणेकडे असल्यामुळे दक्षिणाभिमुख छाया घड्याळ कालदर्शन करू शकते. अशी घड्याळे इमारतींच्या थेट दक्षिण दिशेला असलेल्या भिंतींवर बसविण्याची प्रथा होती.

दक्षिणाभिमुख छाया घड्याळाचा प्रतल ऊर्ध्व दिशेत असतो. हे या घड्याळाचे वैशिष्ट्य आहे. क्षैतिज छाया घड्याळाच्या होरा रेषा आखण्यासाठी आपण जे सूत्र वापरले तेच सूत्र याही घड्याळासाठी प्रयोजित करता येते फरक इतकाच की ग्नोमनच्या कोनासाठी अक्षांशाऐवजी (९० - अक्षांश) ही किंमत घ्यावी लागते. इंग्रजीत त्यासाठी 'कोलॅटिट्यूड' असा शब्द वापरला जातो. दक्षिणाभिमुख छाया घड्याळाच्या होरा रेषा आखण्यासाठी सूत्र असे असणार आहे.

यातील

D = होरा रेषेचा मध्याह्न रेषेशी असलेला कोन

$$\tan(D) = \tan(t) \times \sin(90 - a)$$

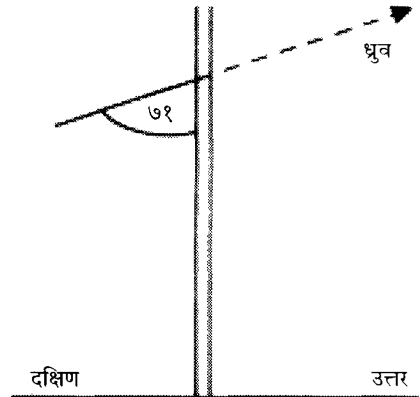
t = सूर्याचा होरा कोन (अवर अँगल)

a = स्थानिक अक्षांश

उदाहरण : मुंबई, १९ अंश उत्तर या स्थानासाठी दक्षिणाभिमुख छाया घड्याळाच्या होरा रेषा पुढील प्रमाणे मिळतील. ९०-a = ९०-१९=७१ अंश

दक्षिणाभिमुख छाया घड्याळाच्या ग्नोमनचा कोन (९०-अक्षांश) असतो. मुंबईसाठी तो ९०-१९=७१ अंश घ्यावा लागेल. ग्नोमनच्या स्टाइलची दिशा अर्थातच उत्तरेकडे ठेवावी लागेल.

काळ	सूर्याचा होरा कोन	होरा रेषेचा मध्याह्न रेषेशी कोन
सकाळी ११, दुपारी १	१५	१४.२
सकाळी १०, दुपारी २	३०	२८.६
सकाळी ९, दुपारी ३	४५	४३.४
सकाळी ८, दुपारी ४	६०	५८.६
सकाळी ७, दुपारी ५	७५	७४.५



□ □ □

२०. पोलर डायल - ध्रुवीय छाया घड्याळ

आखायला अतिशय सोपे असे हे सावलीचे घड्याळ आहे. मात्र होरा रेषांचे रेखाटन झाले की हे कालदर्शक तुमच्या गावचा अक्षांश एवढा कोन असलेल्या पृष्ठावर चिकटवावे लागते. या कालदर्शकाचे रेखाटण पुढील प्रमाणे करावे.

❖ एका पांढऱ्या कागदावर EF ही एक सरळ रेषा काढा. M हा त्या रेषेचा मध्य बिंदू आहे.

❖ M या बिंदूतून EF या रेषेला काटकोन करणारी MG ही रेषा काढा.

❖ ज्या उंचीचा ग्रोमन हवा असेल तेवढ्या लांबीचे MO हे अंतर MG रेषेवर मोजून घ्या. या कालदर्शकासाठी ५ ते ७ सेंटीमीटर उंची पुरेशी आहे.

❖ O हा बिंदू केंद्र घेऊन OM या त्रिज्येचे एक अर्धवर्तुळ रेखाटा.

❖ OM या रेषेच्या दोन्ही बाजूंना प्रत्येकी १५ अंशाचा कोन मोजून घ्या.

❖ १५ अंश दर्शक रेषा EF या रेषेला ज्या ज्या बिंदूत छेदतील त्या त्या बिंदूंवर लंब रेषा काढा. याच रेषा कालदर्शक आहेत. M बिंदूच्या दोन्ही बाजूंना कालदर्शक आकडे लिहा. M हा बिंदू स्थानिक मध्याह्न दर्शवितो.

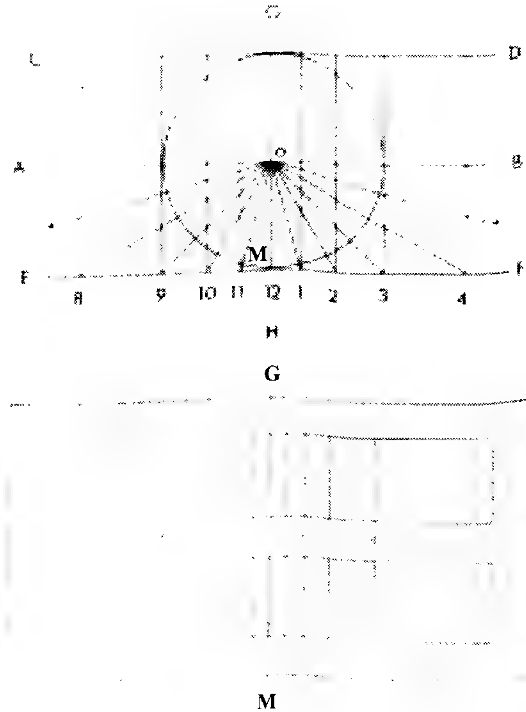
❖ EFCD हा काटकोन चौकोन तयार करा

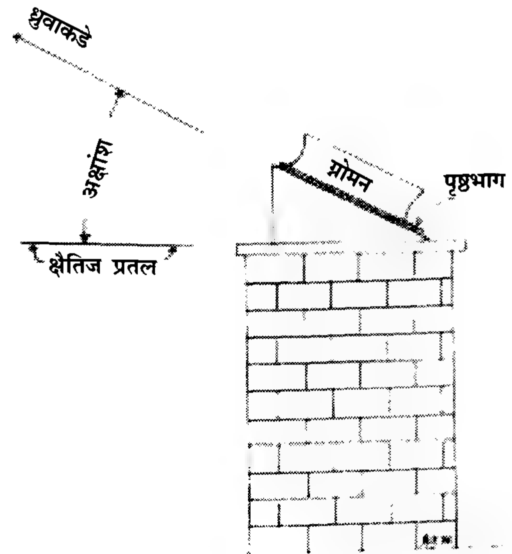
❖ MO या रुंदी एवढा ग्रोमन कापून तो MO रेषेवर काटकोनात चिकटवा.

❖ तुमच्या स्थानाचा अक्षांशाएवढा कोन असलेल्या पृष्ठावर तयार झालेला कालदर्शक चिकटवा.

❖ कालदर्शक असा ठेवा की MO ही रेषा दक्षिणोत्तर रेषेवर राहील.

❖ सकाळी व सायंकाळी ६ या वेळा पोलर डायलवर दर्शविता येत नाहीत कारण त्यावेळी सूर्य किरण पृष्ठभागाला समांतर असतात.







२१. ॲनॅलेमॅटिक छाया घड्याळ

जवळ जवळ सर्व छाया घड्याळांसाठी प्रतलाचा किंवा ग्रोमनचा कोन अक्षांश किंवा (९०-अक्षांश) इतका अचुक साधावा लागतो. हीच गोष्ट फार कठीण आहे याचे कारण सामान्यतः अक्षांशाची किंमत पूर्णांकात नसते. समजा छाया घड्याळ सपाट पृष्ठावर आखता आले तर अचुक कोन साधण्याचा प्रश्न शिल्लक राहणार नाही. तसेच अशा प्रकारचे घड्याळ कितीही मोठे आखता येते. अशा काही घड्याळात ग्रोमन म्हणून माणूसही उभा राहू शकतो. मात्र या घड्याळातील ग्रोमन सूर्याच्या क्रांतीनुसार हलवावा लागतो.

ॲनॅलेमॅटिक घड्याळाचा आकार दीर्घवर्तुळाकृती असतो आणि त्याचा अर्ध लघु अक्ष उत्तर दिशा दर्शवितो. सूर्याच्या क्रांतीदर्शक रेषा घड्याळाच्या मध्यभागी अर्ध लघु अक्षावर आखल्या जातात. ग्रोमन म्हणून जड पाया असलेली ॲल्युमिनिअमची नळी वापरता येते. पुढील आकृतीवरून ॲनॅलेमॅटिक छाया घड्याळाची कल्पना येईल.

ॲनॅलेमॅटिक छाया घड्याळाचे दीर्घवर्तुळ आखण्यासाठी पुढील सूत्रांचा उपयोग करा.

१. अर्ध बृह्द अक्ष = M

२. अर्ध लघु अक्ष = m = M sin(a)

३. x व y या सहनिर्देशकांचे सूत्र

x = M sin(t)

y = M sin(a) cos(t)

४. सूर्य क्रांती दर्शक रेषा

z = M tan(d) cos(a)

या सूत्रांमधील

a - स्थानिक अक्षांश

t - सूर्याचे होरा अंश (अवर ॲंगल)

d - सूर्याची क्रांती

M - अर्ध बृह्द अक्षाची किंमत सोईनुसार निवडा

मुंबई : १९ अंश उत्तर अक्षांश, अर्ध बृह्द अक्षाची निवडलेली किंमत १२.५ से.मी.

सहनिर्देशक x = M sin(t)

सहनिर्देशक y = M sin(a) cos(t)

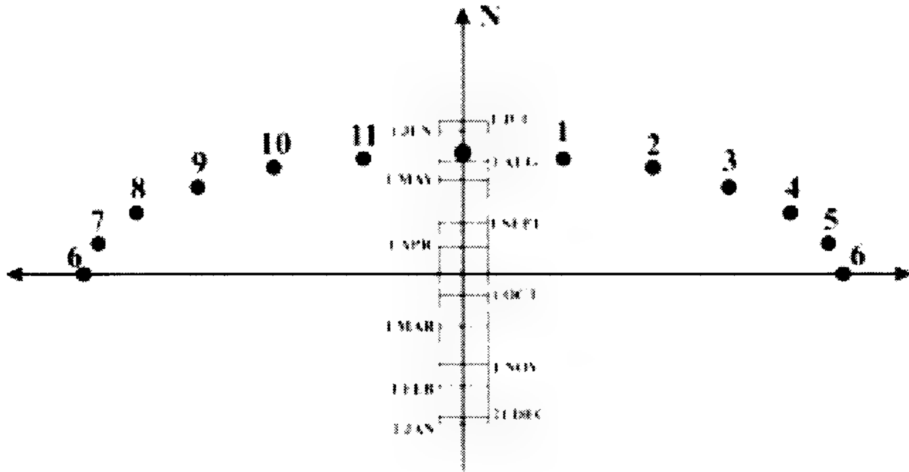
काळ	t	x = M sin(t)	y = M sin(a) cos(t)
11.30 or 12.30	7.5	1.63	4
11.00 or 1.00	15	3.2	3.9
10.30 or 1.30	22.5	4.78	3.76
10.00 or 2.00	30	6.25	3.5
9.30 or 2.30	37.5	7.6	3.2
9.00 or 3.00	45	8.8	2.87
8.30 or 3.30	52.5	9.9	2.47
8.00 or 4.00	60	10.8	2
7.30 or 4.30	67.5	11.5	1.55
7.00 or 5.00	75	12	1
6.30 or 5.30	82.5	12.39	0.5

सूर्याच्या क्रांती दर्शक रेषा

$z = M \tan(d) \cos(a)$ a = 19 deg., M = 12.5

दिनांक	सूर्याची क्रांती	z	दिनांक	सूर्याची क्रांती	z
१ जानेवारी	-२३.१३३	-५	१ जुलै	+२३	५
१ फेब्रुवारी	-१७.३	-३.६८	१ ऑगस्ट	+१८	३.८
१ मार्च	-८.०	-१.६६	१ सप्टेंबर	+८.५	१.७६६
१ एप्रिल	+४.२५	०.८७८	१ ऑक्टोबर	-२.९	-०.५९८
१ मे	+१५	३.१६	१ नोव्हेंबर	-१४	-२.९४
१ जून	+२२	४.७७५	१ डिसेंबर	-२१.६६	-४.६९
२१ जून	+२३.४४	५.१२	२१ डिसेंबर	-२३.४४	-५.१

सूर्याच्या क्रांती दर्शक रेषा a = 19 deg., M = 5



□ □ □

२२. ॲनालेमॅटिक छाया घड्याळ : भूमितीय पध्दत

अक्षांश नेहमीच पूर्णांकात असतात असे नाही. त्यामुळे कालदर्शकाच्या पृष्ठाचा किंवा ग्रोमनचा कोन बरोबर अक्षांशा एवढा साधणे फारच अवघड होऊन बसते. या दोन्ही गोष्टी टाळूनही सावलीचा कालदर्शक बनविता येतो. अशा एका कालदर्शकाचे नाव आहे 'ॲनालमॅटिक डायल'. ह्या कालदर्शकाची आखणी करणेही फारसे अवघड नाही.

❖ WX ही एक क्षैतिज रेषा आहे. O या बिंदूमधून WX ला काटकोन करणारी ही YZ रेषा काढा. हीच रेषा या कालदर्शकाची मध्याह्न रेषा (दुपारी १२) असणार आहे.

❖ WX रेषेवर E हा एक बिंदू निवडा आणि E या बिंदूमधून अशी रेषा काढा जी WX रेषेबरोबर तुमच्या गावच्या अक्षांशाएवढा कोन करील. ही रेषा YZ रेषेला A या बिंदूत छेदेल.

❖ O हा बिंदू केंद्र घेऊन OA या त्रिज्येचे एक वर्तुळ रेखाटा.

❖ O हा बिंदू केंद्र घेऊन EA या त्रिज्येचे दुसरे बाह्य वर्तुळ रेखाटा.

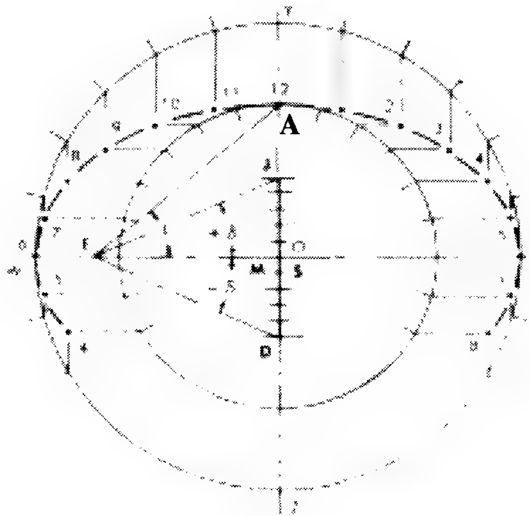
❖ दोन्ही वर्तुळांच्या WX वरील अर्ध्या भागाचे प्रत्येकी १५ अंशाप्रमाणे विभागणी करा. सर्व कोन OA या संदर्भ रेषेपासून मोजा.

❖ बाह्य वर्तुळाच्या १५ अंश दर्शक बिंदूपासून YZ या रेषेला समांतर रेषा काढा. तसेच आतील वर्तुळाच्या १५ अंश दर्शक बिंदूपासून WX रेषेला समांतर रेषा काढा. या दोन रेषांचे छेदन बिंदू तास दर्शक बिंदू असणार आहेत. त्यांना OA रेषेच्या डावी उजवी कडे क्रमांक द्या.

❖ वरील छेदन बिंदू जोडलेत की एक दीर्घ वर्तुळ मिळेल.

❖ कोन मापकाच्या साह्याने E बिंदू केंद्र घेऊन WX रेषेपासून सूर्याची क्रांती दर्शविणारे कोन OYZ रेषेवर निरनिराळ्या बिंदूत छेदतील.

❖ ज्या दिवशीच्या वेळा हव्या असतील त्या दिवशीची सूर्याची क्रांती पंचांगावरून किंवा आलेखावरून माहित करून घ्या व त्या बिंदूवर एक लहान सूची उभी करा. ही सूची दिवसभराच्या वेळा दर्शवील.



□ □ □

२३. पूर्वपश्चिमाभिमुख छाया घड्याळ

दक्षिणाभिमुख आणि उत्तराभिमुख छाया घड्याळे करता येतात मग पुर्वाभिमुख आणि पश्चिमाभिमुख छाया घड्याळे का करता येऊ नयेत. अर्थात तशा प्रकारची घड्याळे करता येतात हे सांगायला नकोच. पण महत्वाची गोष्ट अशी की ही छाया घड्याळे जोडीनेच वापरावी लागतात. पूर्वाभिमुख छाया घड्याळ दुपारी १२ पर्यंत वेळ दाखविते तर पश्चिमाभिमुख छाया घड्याळ दुपारनंतरच्या वेळांसाठी उपयोगी पडते. ही दोन्ही घड्याळे आखण्याची पध्दत एकच आहे. त्यामुळे एकाची माहिती करून घेतली की दुसऱ्याची आखणी सहज लक्षात येते.

पूर्वाभिमुख छाया घड्याळाची आखणी पुढीलप्रमाणे करतात.

◆AB ही एक सरळ रेषा काढा. पूर्ण झालेल्या छाया घड्याळात ही रेषा जमिनीला समांतर ठेवायची आहे.

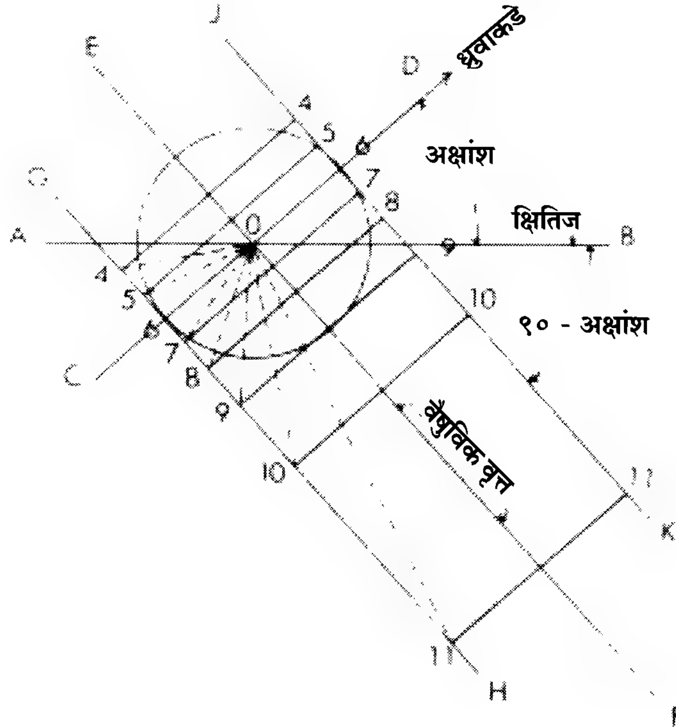
◆AB या रेषेवरील सोईच्या O बिंदूमधून त्या रेषेला अक्षांशा एवढा कोन करणारी COD ही रेषा काढा.

◆O या बिंदूमधून COD या रेषेबरोबर काटकोन करणारी EOF ही रेषा काढा ही रेषा वैषुविक वृत्ताच्या प्रतलात असणार आहे. आणि COD ही रेषा पृथ्वीच्या अक्षाला समांतर असेल.

◆O बिंदुमधून योग्य त्रिज्येचे एक वर्तुळ काढून त्याचे १५ अंशानुसार समान भाग करा.

◆GH आणि JK या EF रेषेला समांतर रेषा काढा.

◆O बिंदुमधून १५ अंशाच्या रेषा GH या रेषेला ज्या बिंदूत छेदतील तेथील बिंदूंना ४ ते ११ क्रमांक द्या. या बिंदूमधून CD या रेषेला GH आणि JK या रेषांपर्यंत समांतर रेषा काढा. याच होरा रेषा असणार आहेत. १२ वाजल्या नंतर या छाया घड्याळाचा



उपयोग होणार नाही.

◆या छाया घड्याळाच्या ग्रोमनची उंची ६ ते ९ होरा रेषांमधील अंतराएवढी ठेवून तो ६ होरादर्शक रेषेवर काटकोनात चिकटवावा.



ग्रोमन



पुर्वाभिमुख छाया घड्याळ

पश्चिमाभिमुख छाया घड्याळ

□ □ □

२४. सवाई जयसिंहाचे सम्राट यंत्र

जगातील सर्वात मोठे सावलीचे वैषुविक घड्याळ भारतात जयपूर येथे आहे. जयपूर हे शहर राजस्थान राज्याची राजधानी असून ते सवाई जयसिंह (१६८८-१७४३) या अंबर संस्थानच्या राजाने वसविलेले शहर आहे. सवाई जयसिंहाने १७२४ ते १७३४ या काळात, दिल्ली (१७२४), जयपूर (१७२८), वाराणासी (१७३०), उज्जैन (१७३०) आणि मथुरा (१७३४) अशा पाच वेधशाळा बांधल्या. या सर्व वेधशाळा जंतर मंतर या नावाने ओळखल्या जातात. यंत्र मंदिर याचे ते रुपांतर आहे. मथुरा येथील वेधशाळा १८५७ सालाच्या अगोदरच उध्वस्त करण्यात आली. बाकीच्या चार वेधशाळा अजूनही शिल्लक आहेत. त्यातील जयपूर येथील वेधशाळा अजूनही उत्तम अवस्थेत आहे. या सर्व वेधशाळांमध्ये अनेक भारतीय वेधयंत्रे आहेत. त्यापैकी सम्राट यंत्र सुप्रसिध्द आहे. सवाई जयसिंहाच्या पदरी जगन्नाथ सम्राट नावाचा एक महाराष्ट्रीयन खगोलशास्त्रज्ञ होता.

त्याचेच नाव बहुदा सम्राट यंत्राला देण्यात आले असावे. वस्तुतः सम्राट यंत्र हे भव्य आकाराचे वैषुविक छाया घड्याळ आहे. वेळे शिवाय ताऱ्यांच्या अन्य मोजमापांसाठीही या यंत्राचा उपयोग केला जात असे. जयपूरच्या सम्राट यंत्राची मोजमापे अशी आहेत.

ग्नोमनची उंची : २२.६ मीटर

ग्नोमनचा पाया : ४४.६ मीटर

कर्णाची लांबी : ५०.१ मीटर

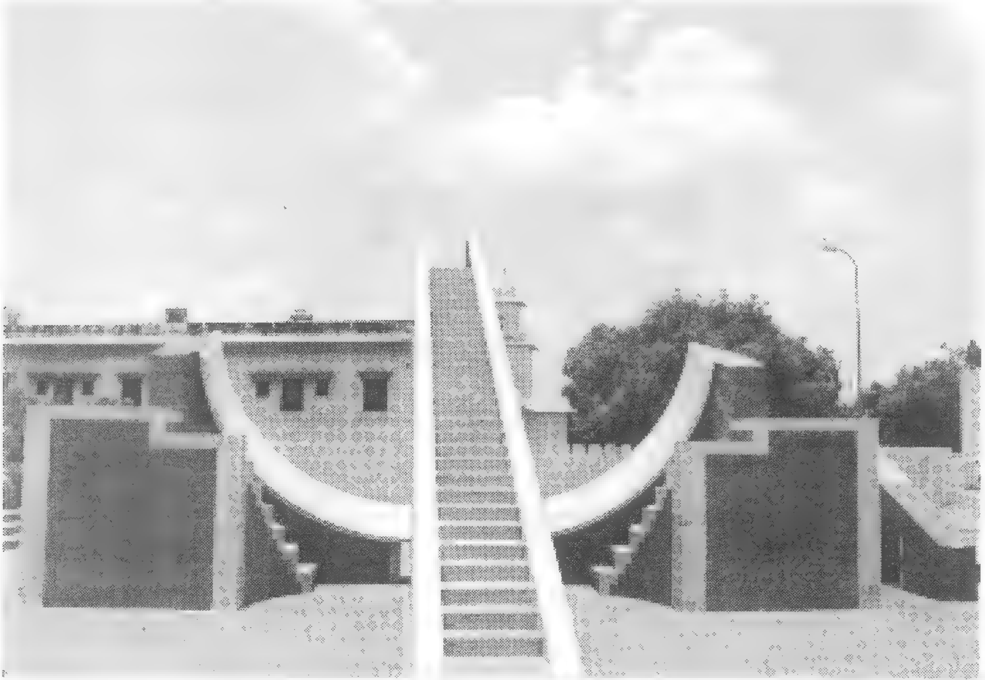
कर्णाची रुंदी : २.९ मीटर

कालदर्शक चतुर्थ (क्वाड्रंटस)

त्रिज्या : १५.१५ मीटर

रुंदी : २.८४ मीटर

या सम्राट यंत्राच्या साह्याने १ मिनिटापर्यंत काळाचे अचुक मोजमाप करता येते.



□ □ □

परिशिष्ट १ - दक्षिणोत्तर दिशा निश्चितीची सोपी पध्दत

पुरेशा उंचीची एक सरळ सळई सपाट भूपृष्ठावर घट्ट रावून बसवा. सळई भूपृष्ठाला बरोबर लंबरूप असली पाहिजे. आपल्याला या सळईची सावली स्थानिक वेळेनुसार बरोबर १२ वाजता नोंदवायची आहे.

हातातील घड्याळ भारतीय प्रमाणवेळ दर्शविते. या घड्याळात दुपारी १२ वाजले की सूर्य ८२.५ अंश पश्चिम रेखांशाच्या याम्योत्तर वृत्तावर सूर्य येतो. तुमचे गाव या रेखांशाच्या पश्चिमेला असेल तर त्यानंतर काही वेळाने तुमच्या गावाच्या याम्योत्तर वृत्तावर सूर्य येईल. हे कालांतर कसे काढायाचे हे पुढील उदाहरणावरून स्पष्ट होईल.

संदर्भ रेखांश : ८२.५ अंश पूर्व

मुंबई रेखांश : ७२.८३३ अंश पूर्व

रेखांशामधील फरक = ८२.५ - ७२.६३३

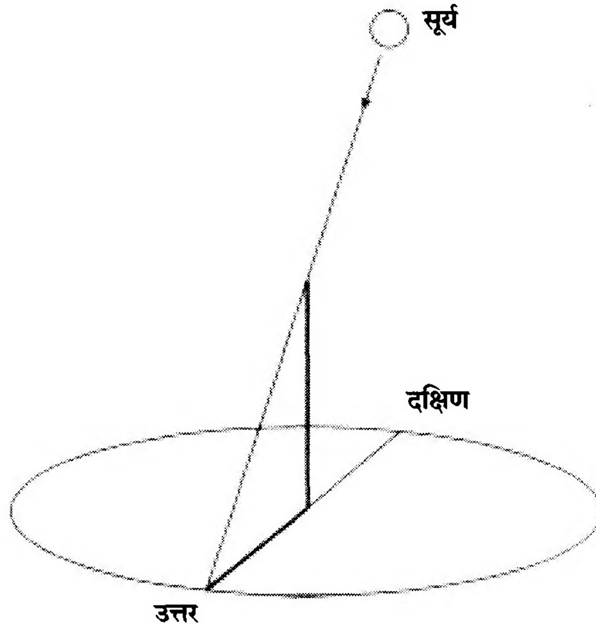
= ९.६६७ अंश.

रेखांशामधील फरक × ४ मिनिटे = ९.६६७ × ४

= ३८.६६८ = ३८ मि. ४० से.

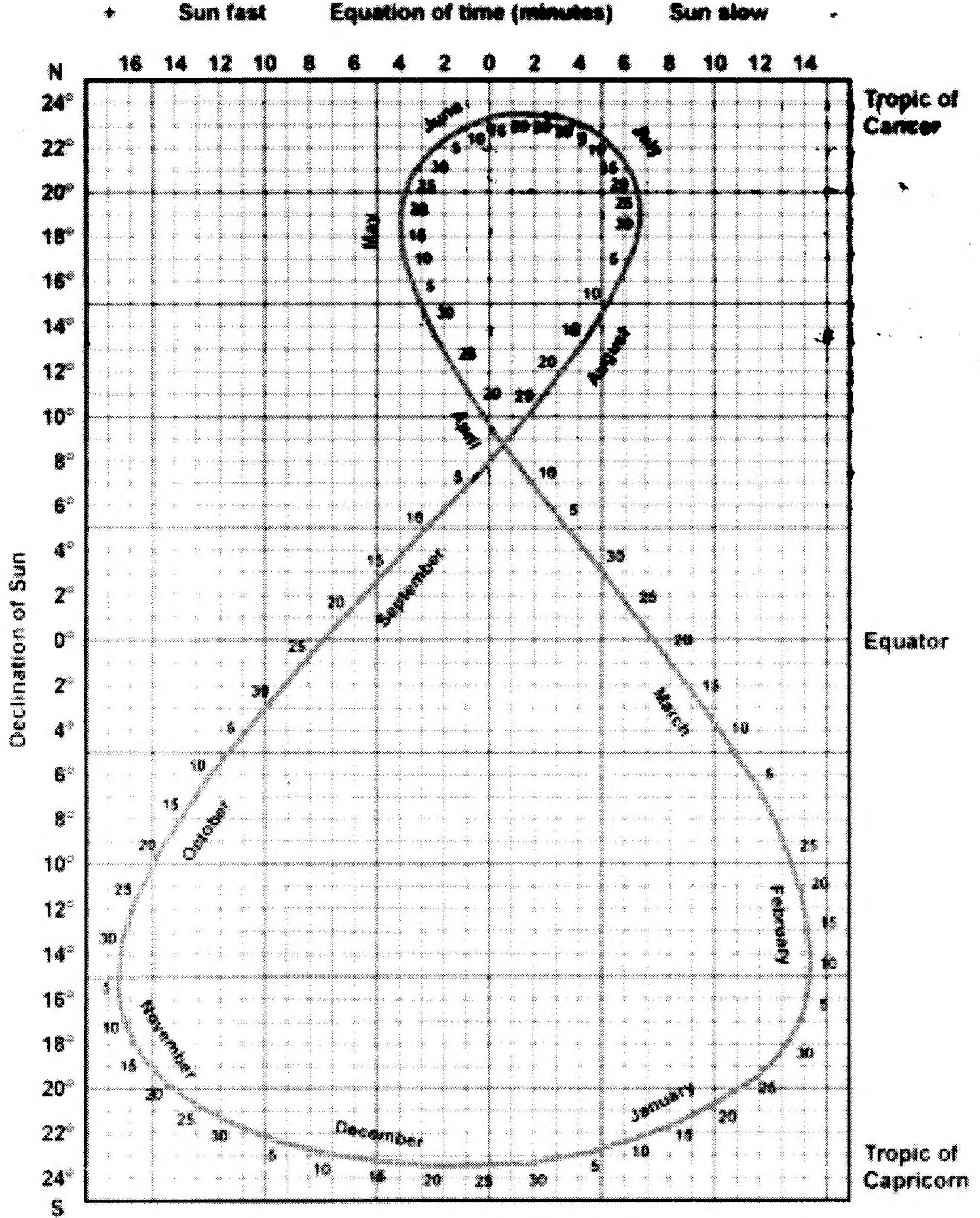
याचा अर्थ तुमच्या घड्याळात १२ वाजून ३८ मिनिटे व ४० सेकंद वाजले की मुंबईच्या याम्योत्तर वृत्तावर सूर्य येईल. त्याच वेळी सळईची सावली नोंदवा तीच वास्तव उत्तर-दक्षिण दिशा असेल.

या प्रयोगासाठी तुम्हाला तुमच्या गावचे रेखांश माहित असावे लागेल. महाराष्ट्रातील सर्व गावे ८२.५ संदर्भ रेखांच्या पश्चिमेला आहेत. गुगल अर्थ या साइटवर तुम्हाला तुमच्या गावाचे रेखांश मिळेल.



□ □ □

परिशिष्ट २ - ॲनालेमा


+ Sun fast Equation of time (minutes) Sun slow -
Tropic of Cancer
Equator
Tropic of Capricorn
Declination of Sun
N
S
June
July
May
August
April
September
March
October
February
November
December
January

□ □ □

एकदा कां आपण घराच्या बाहेर पडून चालायला प्रारंभ केला आणि अकाशात सूर्यनारायण हजर असतील तर आपली सावली हीच आपली सतत साथ करते. किंबहुना आपल्या सावलीवरून साधारण किती वाजले याचा आपण अंदाज करू शकतो. फार फार वर्षांपूर्वी सावली हाच कालमापनाचा प्रमुख आधार होता. साध्या सावलीवरून सूर्याच्या वर्षभरातील हालचालीचा अचुक पत्ता लागतो. म्हणूनच देशोदेशींच्या प्राचीन संस्कृतींनी सावलीच्या घड्याळांची जागोजागी प्रस्थापना केली.

एकाच विषयाचा विचार मानवी बुध्दिमत्ता किती वेगवेगळ्या प्रकारे करू शकते याचे उत्तम उदाहरण आहे, विविध प्रकारची सावलीची घड्याळे.

पाश्चात्य देशात बागांमध्ये, इमारतींवर, तारांगणे आणि वस्तुसंग्रहालये यांच्या बाहेर सावलीची घड्याळे हमखास आढळतात. आपल्या देशात मात्र सवाई जयसिंहाची जंतर मंतर सोडल्यास सावलीची घड्याळे दुर्मिळ आहेत.

प्रस्तुत पुस्तकात सावलीचे काही सोपे प्रयोग आणि छाया घड्याळांचे काही आराखडे दिले आहेत. हाताशी कॅलक्यूलेटर असेल तर तुमच्या स्थानासाठी छाया घड्याळातील होरा रेषांचे गणित सहज करता येईल. थोडे त्रिकोणमितीचे ज्ञान मात्र अवश्यक आहे. सावलीचे घड्याळ करण्यापूर्वी नियोजित स्थानाची दक्षिणोत्तर दिशा आणि अक्षांश माहिती करून घ्या. रेखांश आणि कालसूत्राचा आलेखही माहिती असणे अगत्याचे आहे.

सावलीशी खेळताना ज्ञानाबरोबर तुम्हाला मानसिक आनंदही मिळेल.



Abhishek Typesetters & Publishers

D.B. Sathe Co-op. Hsg. Soc.,1243 Sadashiv Peth, Pune 411030.
Tel. : 020-24471061, E-mail : abhishekpublishers@yahoo.co.in

